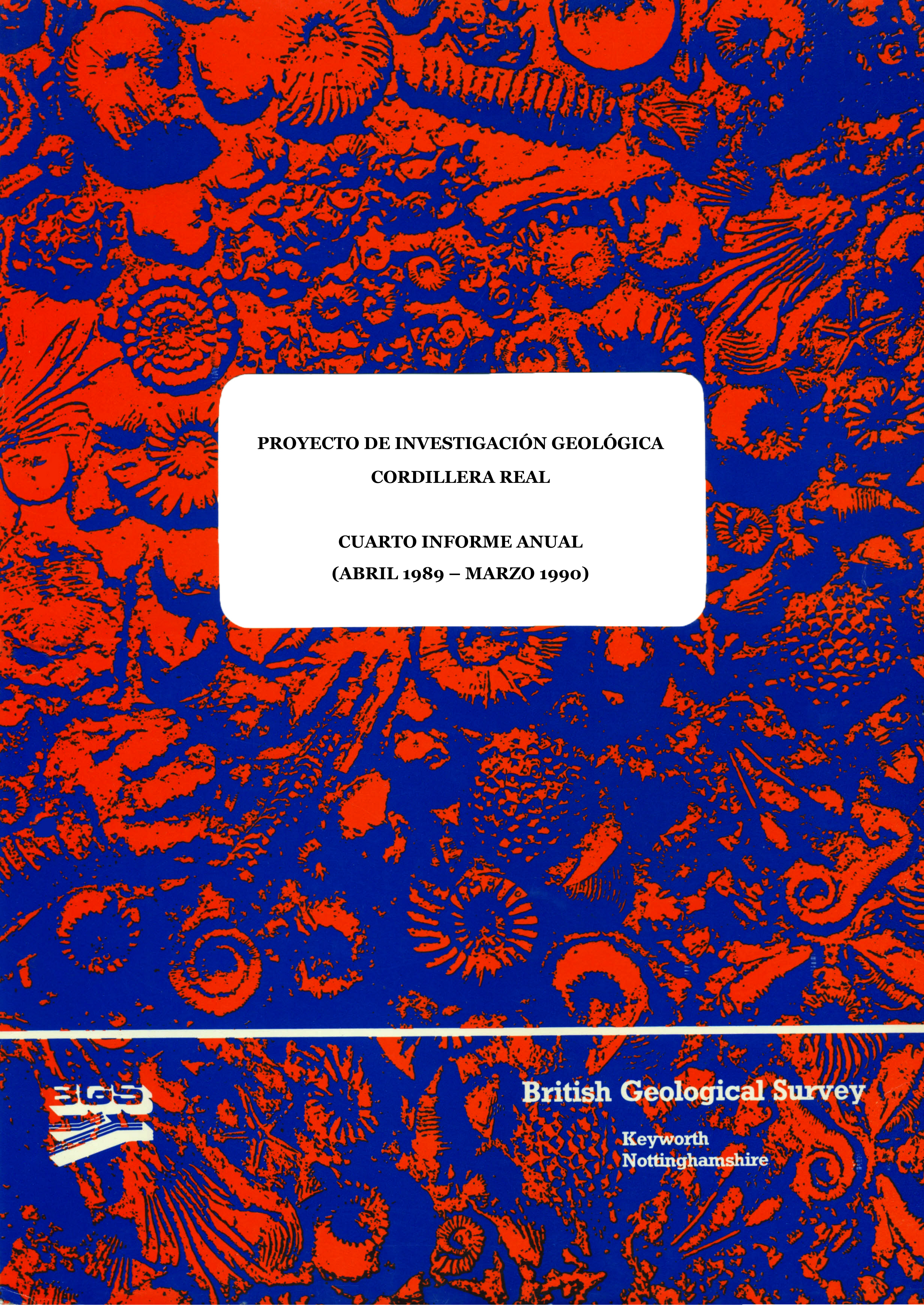


PROYECTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA CORDILLERA REAL

CUARTO INFORME ANUAL
(ABRIL 1989 – MARZO 1990)

British Geological Survey
Keyworth
Nottinghamshire

Overseas Development Administration,
Foreign and Commonwealth Office,
United Kingdom of Great Britain
and Northern Ireland

Ministerio de Energía y Minas,
República del Ecuador

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA CORDILLERA REAL

CUARTO INFORME ANUAL (ABRIL 1989 – MARZO 1990)

recopilado por

J. A. Aspden, BSc, PhD.

Geología por	:	J. A. Aspden M. Litherland	R. Bermúdez A. F. Viteri S.
Geoquímica por	:		S. Naveda R., F. Guevara G., P. Jara P., R. Buitrón A., S. Salvador A.
Geocronología por	:	J. A. Aspden S. H. Harrison C. C. Rundle	H. Casanova F. Viteri S.
Estudios de minerales por	:		M. Aráuz (Politécnica, Quito) R. Bermúdez A. G. Erazo
Paleontología por	:	C. Patterson (Museo de Hist. Nat.) J. B. Riding	
Petrografía por	:	N. J. Fortey	J. Paucar (preparación de láminas delgadas)
Producción del informe	:		F. Alcocer C. K. Silva
Asistentes de campo	:		M. Célleri L. Saltos
		BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, UK	INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA, QUITO, ECUADOR

Geoquímica adicional: RTZ, Quito, Ecuador
Greenwich Resources, Quito, Ecuador

CONTENIDO

TABLAS

FIGURAS

* Además de la edición de este Informe Anual, los Apéndices en inglés fueron traducidos al español.

Stalyn Paucar
(stalyn314paucar161@outlook.es)
Quito, 21 de noviembre de 2021

RESUMEN

Este informe es el resultado del trabajo realizado desde abril 1989 a marzo 1990, por el Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real: Programa Bilateral de Cooperación Técnica (ODA-INEMIN).

Como se detalla en el Capítulo 1, se incluyen como Apéndices, y además como un Anexo separado de Mapas, todos los datos recolectados por el Proyecto en los pasados 12 meses.

En los inicios del programa de campo de 1989, el trabajo geológico fue realizado en la parte sur de la Cordillera Real y se completaron dos geotravesías entre Oñacapa-Yacuambí y Jimbilla-Río Quimi. Estudios de campo adicionales fueron efectuados alrededor del área de Tutupali. El trabajo de campo posterior se concentró en llenar los espacios sobrantes en el programa de geotravesía que existe, al norte, entre la línea equinoccial y la frontera con Colombia y en la parte central de la cordillera entre los Ríos Paute y Pastaza (ca. 1°20'S – 2°35'S). Dos mapas geológicos de estas últimas áreas están incluidos en el Anexo de Mapas, al igual que las copias de todos los mapas individuales 1:50000 de las geotravesías.

En el Capítulo 2 se presenta una nomenclatura litotectónica para la Cordillera Real y las divisiones y subdivisiones reconocidas son descritas brevemente. Además, los resultados obtenidos de las Fases I y II del Programa de Geocronología son discutidos siendo reconocidos los siguientes eventos termales/magmáticos:

(a) Metamorfismo regional Triásico Superior/Jurásico Inferior (ca. 200 Ma) con intrusión de granito de tipo-S.

(b) Plutonismo y volcanismo calco-alcalino de 190-150 Ma en la zona sub-Andina y probablemente a lo largo de los flancos orientales de la cordillera.

(c) Un evento de cizallamiento dextral importante (ca. 130-120 Ma). Reajustamiento de edades metamórficas más antiguas y metamorfismo a facies de esquisto verde de rocas volcánicas Jurásicas dentro de la cordillera.

(d) Mayor sobreimpresión termal y un evento de reajuste de edad Cretácica Superior a Terciaria Inferior.

Especulamos que los eventos (c) y (d) se relacionan a episodios acrecionales cuya actividad magmática fue de extensión geográfica restringida.

Los resultados analíticos/económicos obtenidos de los sedimentos fluviales y de las muestras de rocas mineralizadas son anotados en el Capítulo 3.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Naturaleza de este informe

Éste es el cuarto informe anual del Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real; un Proyecto de Cooperación Técnica bilateral entre el Gobierno del Ecuador (Instituto Ecuatoriano de Minería-INEMIN: Ministerio de Energía y Minas) y el Gobierno del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (Administración para el Desarrollo de Ultramar-ODA), que se inició en marzo de 1986. Los miembros oficiales de Cooperación Técnica pertenecen al Servicio Geológico Británico (BGS).

El presente informe cubre el periodo comprendido entre abril 1989-marzo 1990.

El objetivo del proyecto es estudiar las rocas metamórficas de la Cordillera Real del Ecuador, mediante el estudio de su naturaleza y estructura, tendientes a descubrir los patrones de metalogénesis y proveer una base científica para ayudar a promover la Industria Minera Ecuatoriana.

Como en informes anteriores, éste intenta incluir, como Apéndices, todos los datos que han sido obtenidos por el proyecto en los últimos 12 meses. El texto principal del informe es producido tanto en Inglés como en Español, pero los Apéndices aparecen en el idioma de su presentación.

1.2 Personal

Durante el cuarto año, el proyecto continuó con los siguientes miembros residentes de ODA, prestados por BGS:

Dr. Martin Litherland (Jefe del Proyecto)
Dr. John Aspden

El siguiente personal de INEMIN fue asignado al proyecto:

Ing. Francisco Viteri Santamaría (Jefe de la Contraparte hasta octubre 1989)
Ing. Ramiro Bermúdez Almeida (Jefe de la Contraparte desde noviembre 1989)
Ing. Miguel Pozo Torres (Contraparte hasta agosto 1989)
Lcda. Fabiola Alcocer Carrasco (Secretaria de la Misión)
Sr. Manuel Célleri Ortiz (Asistente de campo hasta noviembre 1989)
Sr. Laureano Saltos Unda (Asistente de campo desde noviembre 1989)

1.3 Sumario de actividades del Proyecto: abril 1989 – marzo 1990

1.3.1 Programa de reconocimiento de campo

Las copias individuales de los reportes de campo son presentadas en el Apéndice 1, sin embargo, los mapas de 'travesías' geológicas son presentados como un anexo separado al informe principal.

Las siguientes geotravesías y estudios de campo fueron realizados en la cordillera (durante el periodo de abril 1989 a marzo 1990):

(a) Estudios de campo en el área de los ríos Yanayacu, Patate, Pastaza y Quijos (Apéndice 1a, solo el informe) (Litherland).

(b) Geotravesía de Monte Olivo al Río Condué y estudios de campo en el área del Río Minas (Apéndice 1b, Mapa Geológico No. 1) (Litherland).

(c) Geotravesía de 'Las Hollas' al Río San Jorge vía La Bonita y La Sofía (Apéndice 1c, Mapa Geológico No. 2) (Litherland).

(d) Geotravesía de La Bonita a Puerto Libre (Apéndice 1c, Mapa Geológico No. 2) (Litherland).

(e) Geotravesía de Oñacapa a Yacuambí (Apéndice 1d, Mapa Geológico No. 3) (Aspden y Viteri).

(f) Geotravesía de Jimbilla al Río Quimi (Apéndice 1d, Mapa Geológico No. 3) (Aspden y Viteri).

(g) Geotravesía de Tutupali a Ortega Alto y Río Campana Urco. Estudios de campo en el Río Chuchumbleza (Apéndice 1e, Mapa Geológico No. 4) (Viteri).

(h) Geotravesía de Atillo a Macas (Río Abanico) (Apéndice 1f, Mapa Geológico No. 5) (Aspden).

(i) Geotravesía de Alao a Palora vía Huamboya (Apéndice 1f, Mapa Geológico No. 6) (Aspden).

(j) Geotravesía a lo largo del Río Tutanangoza al Río Ojal, estudios de campo en las áreas de El Azul, Sigsig a Mina Peggy, Río Illushin y por el carretero de Puyo a Baños (Apéndice 1g, Mapa Geológico del Río Tutanangoza al Río Ojal No. 7) (Aspden y Bermúdez).

1.3.2 Programa de geocronología (Fase II)

La colección de material para la Fase II del programa de geocronología, tanto de la Cordillera Real como de la Provincia de El Oro, fue completado en marzo 1989. Detalles de este programa de muestreo son presentados en el 'Reporte de Visita' del Dr. Harrison (Apéndice 2a), y los resultados constan en el informe titulado 'Edades radiométricas (Rb-Sr, K-Ar y Sm-Nd) para rocas de la Cordillera Real, Ecuador' (Apéndice 2b).

A más de estos resultados se completaron algunas determinaciones pendientes por el Dr. Rundle (ver el Apéndice 2c).

1.3.3 Análisis químicos de roca total

Durante el año pasado un número limitado de análisis de roca total de elementos mayores y trazas han sido obtenidos de los siguientes plutones y metaplutones de la Cordillera Real y de la Provincia de El Oro:

Plutones y metaplutones	Análisis
Batolito de Zamora	9
Batolito de Abitagua	10
Conjunto Tres Lagunas	18
Batolito de Azafrán	6
Metaplutón de Sabanilla	14
Plutón Marcabelí (El Oro)	4
Metaplutón Valladolid	4
Complejo máfico de Tampanchi	2

Los análisis que fueron realizados en la Universidad de Keele, UK, están ubicados en el Apéndice 3. La localización de las muestras con el prefijo -SH- están en el informe de Harrison (Apéndice 2a), y aquellos con el prefijo -CR- en el informe de Rundle (Apéndice 3, en Litherland, 1988).

1.3.4 Estudios petrográficos

El Dr. Fortey (del Grupo de Ciencias Minerales del BGS), visitó el proyecto en los primeros meses de 1990 (enero 20 – marzo 03). El propósito de su visita tuvo dos motivos. Primero dar un curso introductorio sobre petrología ígnea y metamórfica a los geólogos de INEMIN, usando como base muestras de mano y láminas delgadas recolectadas de la Cordillera Real. Éste fue un curso muy acogido y atendido por 13 'estudiantes', ¡el factor limitante fue la disponibilidad de microscopios! Una copia de las notas del curso del Dr. Fortey, las que contienen varias descripciones de láminas delgadas de las rocas de la cordillera es incluido como Apéndice 4a. El Dr. Fortey durante su visita, también llevó a cabo estudios petrográficos detallados en los siguientes conjuntos de rocas (de potencial interés económico que han sido recolectados por el Proyecto desde su iniciación en 1986, ver Apéndice 4b).

(1) Faja Central y Oriental de serpentinitas y rocas relacionadas (potencial para Cr, Ni, Au, Pt).
(2) La faja ofiolítica de Peltetec (potencial para Cr, Ni, Au, Pt).
(3) La faja de Oyacachi-Papallacta "granito aluminífero" (potencial para Sn, W).
(4) El complejo máfico/ultramáfico de Tampanchi (potencial para PGE – elementos del grupo del platino).
(5) El skarn de oro Nambija (al momento explotado para oro).
(6) Los campos de skarn Llanganates y similares (potencial para Cu, Zn, Mo).
(7) La faja pegmatítica de Monte Olivo (potencial para Sn, W, Nb).

1.3.5 Estudios paleontológicos

Los reportes palinológicos de las divisiones Loja y Alao, realizados por el Dr. J. A. Riding (Grupo de Investigación Bioestratigráfica del BGS) y un informe del Dr. C. Patterson (Museo de Historia Natural, Londres) sobre un fósil de pescado Terciario son incluidos como Apéndice 5.

1.3.6 Estudios geoquímicos económicos de sedimentos fluviales y análisis de rocas

Análisis rutinarios de elementos trazas de muestras de sedimentos fluviales y de rocas han sido llevados a cabo en los laboratorios de INEMIN en Quito (Apéndice 6a). Además B.P. Minerals (ahora Río Tinto Zinc) y Greenwich Resources han patrocinado el análisis de varias muestras de rocas en los laboratorios ACME Vancouver, Canadá y en los laboratorios CALEB-BRETT, en St. Helens, UK (Apéndice 6b).

1.3.7 Estudios geoquímicos de minerales pesados

Durante el proyecto los minerales pesados han sido recolectados de la Cordillera Real de manera rutinaria. Después de completar sus estudios en UK, sobre la identificación de minerales pesados, el Ing. Ramiro Bermúdez ha completado la investigación de todas las muestras del proyecto y sus resultados están presentados en el Apéndice 7.

1.4 Agradecimientos

Reiteramos nuestro agradecimiento por la ayuda financiera y administrativa al INEMIN a través de su Gerente General Ing. Leonardo Elizalde C.; y a ODA a través de sus representantes en Ecuador, Mr. Russell, y Mr. Harris, y al Sr. Douglas de Wilton, Oficial de Cooperación Técnica en la Embajada Británica, Quito.

Apreciamos también el apoyo científico del Gerente Técnico de INEMIN Ing. Wilson Santamaría, y al Dr. John Bennett, Geólogo Regional de BGS para América Latina y Asia.

Una vez más, es un placer agradecer la contribución a este informe realizada por RTZ (ex-B.P. Minerals International); Greenwich Resources y Cámbrico Exploration. Además, nos gustaría agradecer a Phil Townsend de B.P., quien contribuyó con información relacionada con la zona subandina al oeste de Sucúa, y al oeste y suroeste de Puyo.

Numerosas personas del Ecuador, tanto en el sector público como en el privado, han ayudado a los integrantes del proyecto y a este informe con el intercambio de información útil. Nosotros esperamos que continuemos trabajando juntos para el beneficio de la Geología y la Industria Minera ecuatoriana.

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción

En los pasados doce meses, el trabajo se ha concentrado en llenar aquellos espacios en el programa regional de geotravesías que existen entre la línea equinoccial y la frontera con Colombia; y, en la parte de la cordillera entre los ríos Pastaza y Paute (ca. 1°20'S a 2°35'S). Este trabajo ya ha sido completado, y basado en las informaciones obtenidas de las geotravesías individuales (Apéndice 1 e Informes Anuales anteriores), han sido preparados dos mapas geológicos a escala 1:250000 y están incluidos como Mapa 8 y Mapa 9 en la carpeta adjunta al informe principal (ver Fig. 1).

A más de lo anterior, en los inicios del programa de campo de 1989, se llevaron a efecto dos geotravesías entre Oñacapa (al este de Saraguro) y Yacuambí, y Jimbilla (al norte de Loja) y el Río Quimi (Apéndice 1d). Para completar la cobertura regional de la parte sur de la cordillera, el Ing. F. Viteri, además trabajó en el área de Tutupali-Ortega Alto, y en los ríos Campana Urco y Chuchumbleza (Apéndice 1e).

El tiempo no permite una discusión detallada de las geotravesías individuales, ni de todos los datos que están incluidos como Apéndices en este informe. La intención, sin embargo, es sintetizar los descubrimientos más importantes, especialmente aquellos de las Fases I y II del Programa de Geocronología, y presentar los que nosotros creemos representan avances para obtener un conocimiento mejor de la geología regional de la Cordillera Real.

2.2 Nomenclatura litotectónica de las rocas pre-Cretácicas de la Cordillera Real

En los Informes Anuales anteriores las rocas metamórficas y metaplutónicas de la Cordillera Real fueron divididas en tres fajas principales: la faja Occidental, que estuvo limitada al este por el frente Baños; la faja Central; y la faja Oriental o sub-Andina. Mientras esta división tripartita resultó útil en el pasado, creemos que ya no se justifica y, además, como resultado de la información obtenida en los pasados 12 meses, es necesario revisar algunas de nuestras nomenclaturas provisionales anteriores.

La nomenclatura litotectónica revisada, junto con las descripciones breves de las diferentes subdivisiones, están presentadas en la Tabla 1 y son discutidas más adelante en la sección 2.3. Sin embargo, enfatizamos que este esquema es todavía informal y se espera más cambios en el futuro, cuando se realice un mapeo detallado, y en particular, cuando sean obtenidas edades radiométricas más confiables de las rocas metamórficas de la Cordillera Real.

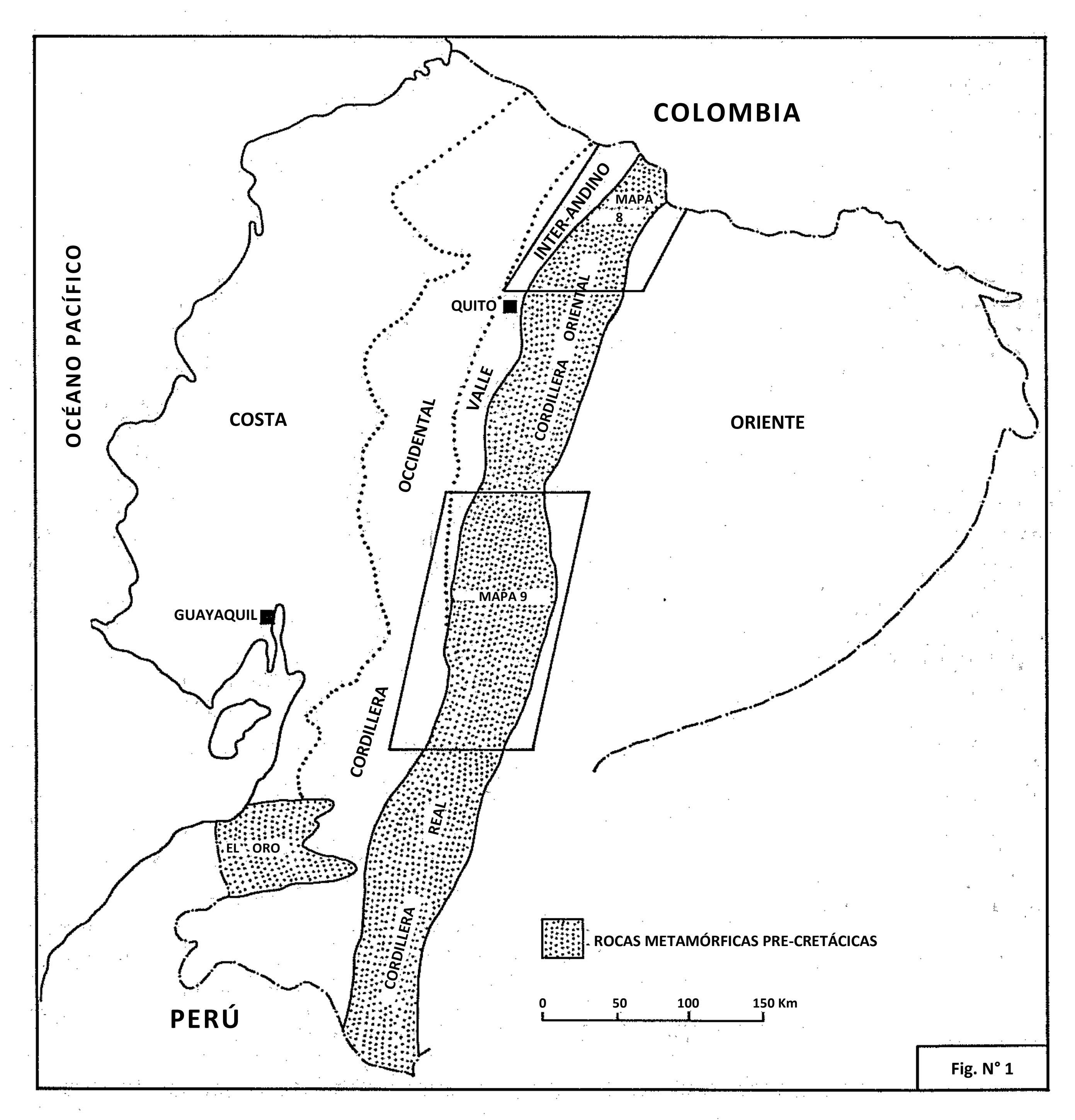


Figura 1. Ubicación de los mapas geológicos 8 y 9 en la Cordillera Real (escala 1:250000).

Tabla 1. Divisiones y subdivisiones litotectónicas informales de las rocas pre-cretácicas de la Cordillera Real

DIVISIÓN (interpretación)	SUBDIVISIÓN	LITOLOGÍAS PRINCIPALES
GUAMOTE (sedimentos continentales/cuñas clásticas	Ambuquí	Cuarcitas y pizarras negras
	Cebadas	Filitas negras y cuarcitas negras
	Guasuntos	Filitas negras y cuarcitas negras
	Punín	Cuarcitas y filitas rojas, negras y pálidas
	FALLA PELTETEC	
ALAO (corteza oceánica, ante-arco, arco volcánico y tras-arco	Peltetec	Conjunto ofiolítico desmembrado
	Pacheco	Esquistos verdes basálticos
	Maguazo	Turbiditas, cherts, carbonatos, andesitas, olistromos?
	Alao-Paute	Rocas verdes andesíticas, esquistos verdes, aglomerados, filitas menores
	El Pan	Unidades volcano/metasedimentarias: esquistos verdes y filitas
	FRENTE BAÑOS	
LOJA (unidad continentalmente derivada: filita a paragneis con granitos 'tipo-S')	Tres Lagunas	Granito de biotita y ortogneis (carácter de tipo-S)
	Agoyán	Esquistos pelíticos y paragneises, granate común
	Chigüinda	Semipelita (cuarcita, filitas negras, esquistos), rocas verdes menores
	Sabanilla	Ortogneis y paragneis de grado medio a alto
	Monte Olivo	Anfibolitas basálticas
SALADO (unidad plutónica con secuencia volcano-sedimentaria)	Santa Bárbara	Biotita ± hornblenda paragneis?
	Azafrán	Batolitos cizallados alcalinos cálcicos
	Upano	Metasedimentos de rocas verdes, metatobas, metagrauvacas; mármoles menores
	Cerro Hermoso	Mármoles y metasedimentos
	LÍMITE CRATÓNICO APROXIMADO	
ZAMORA (arco plutónico/volcánico continental y metamórficos mayores)	Abitagua	Batolitos alcalinos cálcicos (no-deformados)
	Misahuallí	Andesitas, dacitas, basaltos, aglomerados (no-deformados)
	Isimanchi	Mármoles, metasedimentos inmaduros de grado bajo y unidades metavolcano-sedimentarias (Pre-Abitagua)

2.3 Geología de las rocas pre-Cretácicas de la Cordillera Real

2.3.1 División Guamote

No se ha llevado a cabo trabajo adicional en el sur de la división Guamote, y la información disponible está resumida en Litherland et al. (1990) y en los Informes Anuales anteriores. En términos regionales estas rocas son interpretadas para representar una cuña clástica de material predominantemente continental que ha sido depositado en el tope de las secuencias oceánicas y ante-arco de la división Alao.

2.3.1a Subdivisión Ambuquí

En el norte (Mapa 8), las rocas que previamente fueron incluidas en la parte occidental de la ventana del esquisto de Ambuquí (Baldock, 1982) se considera ahora que pertenecen a la división Guamote (Tabla 1). Esta secuencia, que es estructuralmente compleja, consiste de cuarcitas rojizas pálidas y grises de grano fino y pizarras negras a grises y filitas. El contacto oriental con la división Alao (subdivisión Pacheco) es tectónico (Mapa 8).

2.3.2 División Alao

De oeste a este la división Alao consiste de las siguientes subdivisiones: Peltetec (corteza oceánica); Pacheco; Maguazo (ante-arco de turbiditas y andesitas); Alao-Paute (arco volcánico andesítico); y, El Pan (unidad volcanosedimentaria, tras-arco?). La distribución regional de la división Alao está dada en Litherland et al. (1990) y en los Informes Anuales previos (ver además Mapas 8 y 9 de este informe). El límite oriental corresponde al frente Baños (Tabla 1).

2.3.2a Subdivisión Peltetec

Láminas delgadas de muestras recolectadas de la subdivisión Peltetec han sido examinadas por el Dr. Fortey (Apéndice 4b). Aunque solamente un limitado número de especímenes estuvieron disponibles para su estudio (26 en total) las observaciones del Dr. Fortey de que estas rocas forman un conjunto consistente de litologías ofioliticamente relacionadas, están de acuerdo con nuestra primera interpretación de que la subdivisión Peltetec es una ofiolita desmembrada.

Entre otros tipos de rocas identificadas están las siguientes: serpentinitas, variedad de gabros alterados, posible norita, piroxenita, basalto y dolerita alterados. La yuxtaposición de rocas plutónicas y de rocas de "nivel alto" (lavas, etc.), la variación en alteración y desarrollo de esquistosidad sugieren que esta subdivisión representa un mélange tectónico.

2.3.2b Subdivisión Pacheco

Estas rocas están presentes solamente en el norte (Mapa 8) y forman la parte oriental de lo que previamente fue referido como la ventana de esquisto de Ambuquí (Baldock, 1982). La subdivisión Pacheco no es bien conocida, pero se piensa que consiste principalmente de rocas verdes basálticas ("greenstones") las que están en contacto tectónico con la subdivisión Ambuquí al oeste (ver 2.3.1). El nivel de estas rocas es incierto, pero tentativamente están relacionadas con una de las subdivisiones Peltetec o Maguazo al sur.

2.3.2c Subdivisión Maguazo
Algunas muestras rodadas recolectadas en el Río Jadán tuvieron palinomorfos de edad Callovian-Oxfordian (ver Litherland, 1989, Apéndice 9). En un intento para confirmar esta edad nueve muestras de filitas negras y grises de la subdivisión Maguazo, que está expuesta a lo largo de la carretera principal de Cuenca a Paute, fueron sometidas a análisis palinológicos (ver el informe del Dr. J. B. Riding, Apéndice 5a). Desafortunadamente no se encontró un palinomorfo diagnóstico, pero fue indicado un límite de edad Jurásica/Cretácica.

2.3.2d Subdivisión Alao-Paute
Típicamente esta subdivisión consiste de rocas y esquistos verdes andesíticos. Son relativamente comunes los meta-aglomerados, especialmente en el sur cerca de Gualaceo. También están presentes cantidades menores de metasedimentos, filitas y probable material metatobáceo.

En el campo puede demostrarse que el desarrollo de los esquistos verdes está formalmente relacionado a la presencia de zonas de cizallamiento las cuales son generalmente verticales a subverticales y con rumbos andinos, pero fuera de estas áreas las rocas son frecuentemente masivas y relativamente no-deformadas.

2.3.2d-i Geocronología de la subdivisión Alao-Paute
Las determinaciones de edades radiométricas obtenidas de la subdivisión Alao-Paute son consideradas no confiables debido al contenido muy bajo de potasio en los minerales separados (Apéndice 8, en Litherland, 1989).

2.3.2e Subdivisión El Pan
Esta subdivisión está presente en la parte sur de la división Alao-Paute (Mapa 9) y en términos generales corresponde a la parte occidental del esquisto El Pan de Bristow y Guevara (1980) y Bristow et al. (1975) (ver además Baldock, 1982). Esencialmente es una unidad mixta volcanosedimentaria que contiene una variedad de rocas esquistosas y filíticas. Filitas feldespáticas, filitas grafíticas y rocas verdes más masivas con actinolita ± clinozoisita ± epidota son comunes. También están presentes cuarcitas impuras y mármoles oscuros coloreados. En general parece que esta unidad es de grado metamórfico un poco más alto que el resto de la división Alao.

2.3.3 División Loja
La división Loja, cuyo límite occidental coincide con el frente Baños, comprende cinco divisiones principales (Tabla 1). Los detalles de las subdivisiones Tres Lagunas, Chigüinda, Sabanilla y Agoyán han sido presentados en Informes Anuales anteriores y una síntesis regional aparece en Litherland et al., (1990). La información adicional recogida durante los pasados 12 meses es discutida a continuación.

2.3.3a Subdivisión Tres Lagunas

Esta subdivisión consiste de granitos de biotita que afloran junto a, o inmediatamente al oeste del frente Baños (Mapa 9). Los granitos están extensamente cizallados y comprenden comúnmente de milonitas S-C de tipo-I (Berthé et al., 1979; Lister y Snoke, 1984). Estas rocas exhiben químicamente y mineralógicamente ciertas características de granitos de tipo-S, los cuales son derivados de la corteza continental. Nuevas descripciones petrológicas de granitos/monzogranitos del área de Papallacta y Oyacachi (Mapa 1, en Litherland, 1989) y la faja pegmatítica de Monte Olivo (Mapa 8, de este informe) que se cree representan la extensión norte de la subdivisión Tres Lagunas, están dadas en el Apéndice 4b.

2.3.3a-i Geoquímica de la subdivisión Tres Lagunas

En el Apéndice 3, están listados 18 análisis de rocas totales, de elementos mayores trazas de la subdivisión Tres Lagunas. Los ploteos detallados de los datos todavía tienen que ser completados, pero un examen breve de estos resultados confirma nuestras observaciones de campo anteriores de que estas rocas son composicionalmente restringidas. Con la excepción de SH-14K, que representa un xenolito aplítico dentro del granito principal de Tres Lagunas, los elementos mayores tienen los siguientes rangos: SiO_2 68-73% en peso; Al_2O_3 13-24% en peso; CaO 1.5-2.5% en peso; Na_2O 2-3% en peso y K_2O 3-4% en peso.

Uno de estos ploteos más simples usados para distinguir entre los granitos tipo-S e I es el de K_2O versus Na_2O (Chappell y White, 1974). En la Fig. 2 los análisis de K_2O y Na_2O obtenidos de la subdivisión Tres Lagunas y también de los batolitos alcalinos-cálcicos de Zamora, Abitagua y Azafrán han sido ploteados (Apéndice 3). Como se puede ver el último grupo cae dentro del campo de tipo-I, pero de las muestras de Tres Lagunas, con la excepción de un punto, caen dentro, pero junto al límite del, campo de tipo-S. Este ploteo parece caracterizar los granitos de la subdivisión Tres Lagunas y colocarlos aparte de los batolitos de tipo-I de los Andes Ecuatorianos.

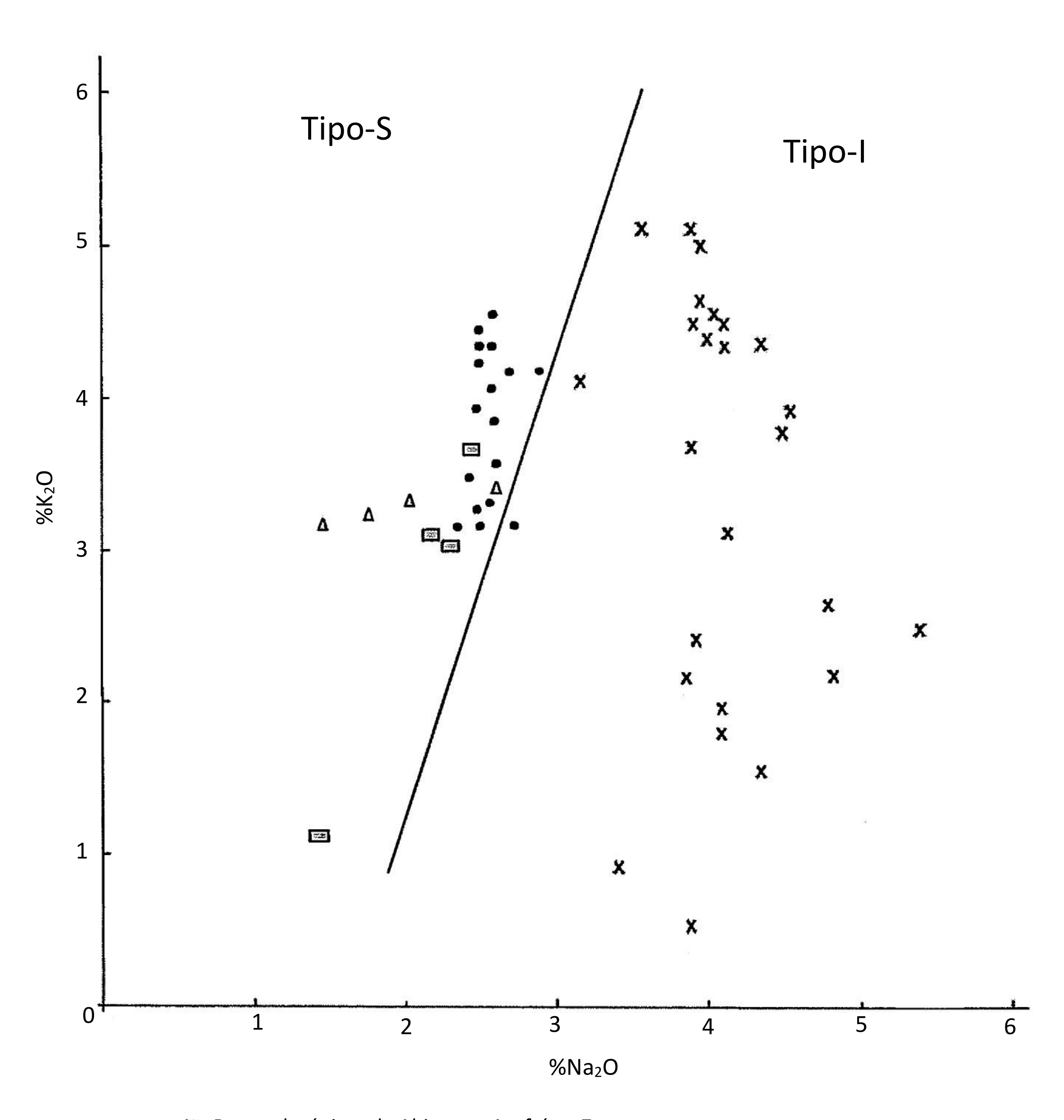
A más de lo anterior, la relación $^{87}Sr/^{86}Sr$ obtenida de los análisis Rb/Sr de roca total dan valores de >0.712. Estas relaciones iniciales están basadas en 'errorchrons' (ver abajo y además Apéndice 2b) y, así no puede ser enteramente confiable. Sin embargo, ellos sugieren contaminación substancial de la corteza continental de los magmas de Tres Lagunas y contrastan con las relaciones iniciales más bajas de 0.7046 obtenidas del batolito Abitagua (Apéndice 3, en Litherland, 1988).

2.3.3a-ii Geocronología de la subdivisión Tres Lagunas

Durante todo el tiempo del proyecto varios intentos han sido realizados para datar la subdivisión Tres Lagunas, pero ninguno de los métodos empleados (K-Ar, Rb-Sr (roca total) y Sm-Nd (granate)) han demostrado haber sido enteramente exitosos.

Un solo isócrono de Sm-Nd (granate) dio una edad de 257 ± 125 Ma y dos Rb-Sr 'errorchrons' de roca total de la cuenca Malacatus y del área de Tres Lagunas al este de Saraguro dieron edades de 194 ± 50 Ma (MSWD 49.5) y 189 ± 43 Ma (MSWD 289.1) (Apéndice 2b). Los datos combinados de Rb-Sr (18 puntos) dan una edad de 'errorchron' de 200 ± 12 Ma (MSWD 169.1) (Fig. 7c, Apéndice 2b).

FIGURA 2 Comparación de valores K_2O y Na_2O de la subdivisión Tres Lagunas y de los batolitos de Abitagua, Azafrán y Zamora



La interpretación de estos resultados no es simple, pero sugieren que la subdivisión Tres Lagunas puede ser de edad Jurásica Inferior/Triásica Superior. Puede ser significativo que esta edad es similar a, pero ligeramente más joven que, aquella obtenida de los paragneises granatíferos y los gneises pegmatíticos del área de La Bocana en la Provincia de El Oro (Apéndice 2b, Fig. 3 y Tabla 4, muestras 6B, 6C, 6D y 7A). Si es así, podría sugerir una conexión genética entre las dos áreas (i.e. que quizás El Oro fue una vez parte de la Cordillera Real).

A más de lo anterior, varias edades de minerales (moscovita y biotita) de K-Ar discordantes más jóvenes han sido obtenidas de la subdivisión Tres Lagunas, y éstas son discutidas en la Sección 2.6.

2.3.3b Subdivisión Agoyán

Esta subdivisión consiste esencialmente de paragneises y esquistos, los cuales están íntimamente relacionados a la subdivisión Tres Lagunas. Están comúnmente presentes moscovita ± clorita ± biotita. En el sur (Mapa 9) esta unidad está bien expuesta inmediatamente al oeste de Baños a lo largo de la carretera al Puyo en donde incluye anfibolitas menores. Está también presente en el valle Upano cerca de Zuñac (Apéndice 1f, Mapa 5) donde están presentes rocas esquistosas y gnéisicas con granate y algunas de las cuales llevan albita post-cinemática.

En el Norte (Mapa 8), cerca de Monte Olivo, la subdivisión Agoyán puede ser dividida en una unidad mapeable de paragneis con granate y moscovita en el este y al oeste en una unidad esquistosa que incluye cuarcitas y metapsamitas que contienen 'vetas' delgadas (10 cm de ancho) de serpentinita carbonatada con ¿fuchsita? de color verde brillante (ver Capítulo 3). Estas últimas rocas están intercaladas, quizás tectónicamente, con las anfibolitas basálticas de la subdivisión Monte Olivo (Apéndice 1b y Mapa 1). A lo largo del margen occidental de la unidad gnéisica, existen zonas de granito-pegmatita que contienen turmalina, moscovita ± zoisita ± rutilo. Tentativamente éstas están correlacionadas con la subdivisión Tres Lagunas (Mapa 8) y las muestras recolectadas de esta faja son descritas por el Dr. Fortey (Apéndice 4b).

2.3.3c Subdivisión Chigüinda

Anteriormente ésta fue referida como la división semipelítica Loja y ocurre extensamente en la parte sur de la Cordillera Real. Al norte en la carretera de Gualaceo-Plan del Milagro ésta es remplazada a lo largo del rumbo por la división Salado (ver Mapa 9) pero la edad precisa y, las relaciones estructurales entre estas unidades son inciertas.

Las observaciones de campo realizadas a lo largo de la margen occidental del batolito Zamora (Apéndice 1e, Mapa 4) sugieren que la subdivisión Chigüinda está intruida por este plutón Jurásico Inferior a Superior. Sin embargo, palinomorfos pobremente preservados pueden indicar una edad algo más joven de límite Jurásico/Cretácico (Apéndice 5b).

Dominantemente la división consiste de rocas semipelíticas, pero también incluyen horizontes verdes pálidos, posiblemente tobáceos y rocas verdes ('greenstones') menores (Apéndice 1d, Mapa 3, travesía Jimbilla-Río Quimi).

2.3.3d Subdivisión Sabanilla

Esta subdivisión solamente ha sido reconocida en el extremo sureste de la Cordillera Real (ver Mapa 8, en Litherland, 1989) y es una unidad compleja que está compuesta principalmente de ortogneis, pero también incluye zonas de migmatitas, paragneises, anfibolitas y pegmatitas de moscovita ± biotita. El grado metamórfico de la unidad varía de medio a alto, los granates son comunes, pero está presente estaurolita y, algunos paragneises llevan sillimanita y/o cianita (Apéndice 4a, FV-44, FV-45).

2.3.3d-i Geoquímica de los ortogneises de la subdivisión Sabanilla

Ocho análisis de roca total de dos metaplutones en la subdivisión Sabanilla son listados en el Apéndice 3. El metaplutón Valladolid (ortogneis) está localizado al norte de Valladolid a lo largo de la carretera principal a Yangana en el área de Quebrada Honda. El metapluton Sabanilla (en parte migmatítico) aflora a lo largo de la orilla oeste del Río Zamora al norte de la Quebrada La Rábida (Mapa 8, en Litherland, 1989).

Como puede ser observado de los análisis, estos plutones son ricos en SiO_2 (>71% en peso) pero composicionalmente ellos parecen ser algo más variables que aquellos de la subdivisión Tres Lagunas. A pesar de esta variación y además de que su aspecto en el campo es diferente, cuando estos análisis son ploteados en la Fig. 2 ellos caen dentro del campo de tipo-S sugiriendo una posible conexión genética entre estas dos subdivisiones.

Relaciones iniciales ($^{87}Sr/^{86}Sr$) obtenidas de estos plutones (ver además Apéndice 3, en Litherland, 1988), aunque basadas en 'errorchrons' (ver abajo), fluctúan de 0.7088 para el metaplutón Valladolid a 0.711 para el metaplutón Sabanilla y sugerirían que la contaminación de la corteza continental fue un factor importante en su génesis.

2.3.3d-ii Geocronología de la subdivisión Sabanilla

Varios intentos para datar la subdivisión Sabanilla han sido hechos usando los métodos K-Ar, Rb-Sr (roca total) y Sm-Nd (granate). Sin excepción los resultados K-Ar obtenidos son considerados de ser reajustados y éstos serán discutidos más adelante en la Sección 2.6. Igualmente, los resultados Sm-Nd y Rb-Sr obtenidos de las muestras recolectadas en el área Valladolid no produjeron datos satisfactorios (Apéndice 2b).

Aunque edades isócronas de Rb-Sr no han sido obtenidas del metaplutón Sabanilla las siguientes edades de 'errorchrons' (Apéndice 2b, este informe; Apéndice 3, en Litherland, 1988) de 198 ± 45 Ma (MSWD 25.3); 233 ± 51 Ma (MSWD 175.4) y 234 ± 19 Ma (MSWD 20.6) y 224 ± 37 Ma (MSWD 108.6, edades combinadas de Rundle y Harrison, 18 puntos) tienen una cierta consistencia y sugieren que estas rocas fueron afectadas por un importante evento termal ca. 220 Ma.

2.3.3e Subdivisión Monte Olivo

Esta subdivisión está presente sólo en el norte de la Cordillera Real (Mapa 8) y consiste de anfibolitas basálticas. La evidencia de campo sugiere que estas rocas están intercaladas, quizás tectónicamente, con un paquete de metapsamitas de la subdivisión Agoyán.

2.3.4 División Salado

Esta división consiste de batolitos foliados, alcalinos-cálcicos y una secuencia metavolcano-sedimentaria. Está ampliamente distribuida especialmente en la parte norte de la Cordillera Real, de la frontera con Colombia a 3°S, hacia el sur aparentemente está remplazada por la subdivisión Chigüinda.

2.3.4a Subdivisión Santa Bárbara

Esta subdivisión está restringida al noreste de la cordillera, cerca de la frontera con Colombia (Mapa 8). Consiste de gneises de grano fino a medio con biotita ± hornblenda que están bandeados en lugares y posiblemente representan tobas cálcicas metamorfoseadas.

2.3.4b Subdivisión Azafrán

Esta subdivisión comprende plutones foliados alcalinos-cálcicos, incluye el batolito Azafrán, que está expuesto a lo largo de la carretera Baños-Puyo (Mapa 9), los plutones de Chingual/Sacha y posiblemente el granito Condué, cerca de la frontera con Colombia (Mapa 8).

2.3.4b-i Geoquímica de la subdivisión Azafrán

Los análisis de roca total de seis muestras obtenidas del batolito Azafrán en la carretera Baños son listados en el Apéndice 3. Aunque basados en las relaciones Na_2O/K_2O estas muestras son probablemente granitos (monzogranitos?), las observaciones de campo sugieren que la subdivisión está dominada por granodiorita biotítica ± hornblenda la que frecuentemente contiene xenolitos máficos y esquistos. También están presentes dioritas, gabros y hornblenditas.

2.3.4b-ii Geocronología de la subdivisión Azafrán

Los intentos para datar el plutón Chingual (ortogneis) y el batolito Azafrán no han sido completamente exitosos. Las edades de 'errorchrons' Rb/Sr obtenidas para Chingual (Apéndice 3, en Litherland, 1988) son 146 ± 58 Ma (MSWD 8.2) y, omitiendo los dos puntos más lejanos, 156 ± 21 Ma (MSWD 2.8). En contraste, un isócrono de siete puntos obtenido del batolito Azafrán dio una edad de 120 ± 5 Ma (MSWD 2.4); las relaciones iniciales de $^{87}Sr/^{86}Sr$ obtenidas de estos plutones varían de 0.7037 (Chingual) a 0.7067 (Azafrán).

A pesar del hecho de que un isócrono fue obtenido del batolito Azafrán, esta edad no es enteramente satisfactoria porque en cualquier lugar en la cordillera, y además al norte en Colombia (Aspden et al., 1987), los grandes batolitos alcalinos-cálcicos de esta edad son desconocidos. Adicional a esto está el hecho que hacia el oeste a lo largo de la carretera Baños, en el Río Verde dos muestras de diorita con hornblenda y biotita recogidas del afloramiento dieron edades K-Ar de: 128 ± 4 Ma (Hb) 125 ± 4 Ma (Bi) y 175 ± 5 Ma (Hb) 176 ± 5 Ma (Bi) (ver muestras 10A y 10B, Apéndice 8, en Litherland, 1989). Además, una muestra rodada de hornblendita del Río Verde produjo una edad K-Ar de 171 ± 5 Ma (Hb) (ver muestra ADML1, Apéndice 4, en Litherland, 1987).

Tomando los datos K-Ar juntos parece que las rocas del Río Verde, las que interpretamos como parte del batolito Azafrán, están registrando un evento mayor (i.e. ca. 175 Ma) y un evento más joven (i.e. ca. 128 Ma). Las muestras 10A y 10B fueron recogidas apartadas solamente pocos metros, pero la reexaminación de este sitio aclaró que 10A vino de una zona afectada por cizallamiento mientras que 10B fue aparentemente masiva y ningún signo de alteración pudo ser detectado de hornblenda o biotita en especímenes de mano. Basados en estas observaciones parece razonable concluir que la edad más antigua obtenida de Río Verde pudo ser una edad magmática mientras que la edad más joven es reajustada y probablemente se relaciona a un evento de cizallamiento que afectó al batolito Azafrán.

Si estas deducciones son correctas, entonces se concluye que la edad isócrona de 120 ± 5 Ma obtenida para el batolito Azafrán no es una edad magmática, pero también fue reajustada por el evento de cizallamiento regional. En un intento para confirmar estas hipótesis se necesita llevar a cabo estudios geocronológicos más detallados. Una muestra para datación de circón fue recogida en el batolito Azafrán, pero desafortunadamente ésta tiene que ser todavía tratada.

2.3.4c Subdivisión Upano

Esta subdivisión es nombrada así por las rocas que están expuestas a lo largo del camino que conduce hacia el oeste de Macas y sigue los sectores bajos del Río Upano (Apéndice 1f, Mapas 5 y 9). Consiste de una secuencia mixta metavolcano-sedimentaria que incluye metalavas, metavolcanoclásticos (metatobas y aglomerados), metagrauvacas y mármoles menores. También están presentes cuarcitas impuras y filitas negras ± grafito. La subdivisión típicamente consiste de esquistos verdes, pero también puede incluir algunas anfibolitas. Se asume, pero no está probado, que estas rocas son de edad equivalente a las rocas metaplutónicas de la división Salado (i.e. Jurásica) pero una edad más antigua no puede ser descartada.

2.3.4d Subdivisión Cerro Hermoso

Las características de la secuencia de Cerro Hermoso, por las cuales esta subdivisión lleva su nombre, están dadas en Litherland (1988, p. 18-19) (ver además Litherland et al., 1990). Estas rocas están geográficamente restringidas y en este informe están confinadas a una faja angosta de contacto fallado de filitas negras piríticas que ocurren al oeste de Baños entre las subdivisiones de Agoyán y Azafrán (Mapa 9).

2.3.5 División Zamora

Esta división es esencialmente no foliada y ocurre hacia el límite oeste de lo que es considerado como el límite aproximado al cratón Amazónico. Consiste principalmente de los batolitos alcalinos-cálcicos Jurásicos Inferiores-Jurásicos Superiores (subdivisión Abitagua) y lo que es considerado para representar sus equivalentes volcánicos (subdivisión Misahuallí). En el sur también incluye una faja de rocas metamórficas de grado bajo que están intruidas por y, ocurren como grandes bloques dentro, del batolito Zamora/Río Mayo (subdivisión Isimanchi) (Litherland et al., 1990; Mapa 8, en Litherland, 1989). Estas últimas rocas no son discutidas en este informe.

2.3.5a Subdivisión Abitagua

Esta comprende batolitos no foliados, alcalinos-cálcicos, que incluyen de norte a sur los batolitos La Bonita y Rosa Florida (Mapa 8), el batolito Abitagua (Baldock, 1982 y Mapa 9) y el batolito Zamora/Río Mayo (Mapa 8, en Litherland, 1989).

2.3.5a-i Geoquímica de la subdivisión Abitagua

Observaciones de campo indican que estos batolitos muestran un rango de composición típico de la mayoría de los batolitos alcalinos-cálcicos. Aunque ocurren granitos y posiblemente sienogranitos, granodioritas biotíticas ± hornblenda y cuarzos-monzodioritas/dioritas tienden a ser dominantes. En el Apéndice 3, están listados 19 análisis de roca total de los batolitos Abitagua y Zamora (ver además Fig. 2).

2.3.5a-ii Geocronología de la subdivisión Abitagua

Antes del Proyecto Cordillera Real, relativamente pocas determinaciones de edades radiométricas estaban disponibles para las rocas plutónicas de la subdivisión Abitagua.

Kennerley (1980) reportó tres edades minerales K-Ar de 152 ± 4 Ma (K-feldespato), 173 ± 5 Ma (hornblenda) y 180 ± 5 Ma (biotita) para una sola muestra del batolito Río Mayo (ahora considerado como parte del batolito Zamora). También Aly (1980) obtuvo una edad K-Ar de 171 ± 6 Ma del batolito Zamora. Una edad isócrona de 3 puntos de roca total Rb-Sr de 173 ± 5 Ma fue obtenida por Halpern (citado en Hall y Calle, 1982) para el batolito Abitagua y una edad K-Ar (biotita) de 178 ± 7 Ma fue reportada por Herbert (1977). Además, Kennerley cita una edad (biotita) K-Ar más joven de 87 ± 7 Ma que fue obtenida para una muestra recogida al extremo sur del batolito Abitagua a lo largo de la carretera Baños-Puyo.

Durante el proyecto varias rocas plutónicas de los batolitos de Zamora y Abitagua han sido datadas. Edades isócronas Rb-Sr de roca total obtenidas del batolito Abitagua han dado las siguientes edades: 161 ± 2 Ma (MSWD 0.9) (9 puntos); 163 ± 2 Ma (MSWD 2.5) (7 puntos) y 162 ± 1 Ma (MSWD 2.5) (datos combinados, 16 puntos) (ver Apéndice 3, en Litherland, 1988). La relación inicial ($^{87}Sr/^{86}Sr$) para estos isócronos varían de 0.7046 ± 4 a 0.70459 ± 3 y son típicos de aquellos valores asociados con los magmas de tipo-I de zonas de subducción. Algunas determinaciones minerales K-Ar han sido llevadas a cabo en muestras del batolito Abitagua. Sin embargo, las fases máficas, en particular las biotitas, fueron frecuentemente cloritizadas y por lo tanto produjeron edades menores cuando se las compara con los resultados Rb-Sr. A pesar de esto la muestra 6A dio resultados K-Ar (Hb) duplicados de 152 ± 7 Ma y 164 ± 10 Ma, pero edades de biotita significativamente más jóvenes de 125 ± 12 Ma y 128 ± 9 Ma (Apéndice 8, en Litherland, 1989). Además, un bloque rodado recogido en el Río Zuñag, que drena el batolito Abitagua en el sur, dio una edad K-Ar (Hb) de 171 ± 5 Ma (Apéndice 4, en Litherland, 1987).

En contraste con el batolito Abitagua, donde el método de roca total Rb-Sr fue completamente exitoso, los análisis obtenidos del batolito Zamora fallaron para producir un isócrono (Apéndice 3, en Litherland, 1988). A pesar de esto, un gran número de edades minerales K-AR han sido obtenidas de este batolito y están listadas en la Tabla 2. Como se puede ver, algunas de estas muestras producen edades minerales concordantes de hornblenda y biotita y puesto que el plutón es no-deformado éstas son tomadas para representar las edades magmáticas de enfriamiento. Las excepciones a esta observación general son las muestras RM1 y 20 que produjeron edades discordantes de hornblenda/biotita de 132 ± 5 Ma (Hb); 104 ± 3 Ma (Bi) y 126.5 ± 4 (Hb); 168.5 ± 5 (Bi) respectivamente, y la muestra 16C que dio una edad joven, aunque con un error alto, de 134 ± 21 Ma (Tabla 2). Todas las edades plutónicas obtenidas por el Proyecto de los batolitos de Zamora y Abitagua han sido ploteadas en forma de histograma en la Fig. 3. Basados en estos datos se concluye que la edad de estos plutones van desde el Jurásico Inferior al Jurásico Superior y que el plutonismo mayor cesó ca. 150 Ma (ver Tabla 2). Las edades jóvenes de entre 125-135 Ma y 95-105 Ma son consideradas como reajustadas y nos referimos a ellas más tarde en la Sección 2.6.

2.3.5b Subdivisión Misahuallí

Esta subdivisión consiste de una secuencia continental de lavas no foliadas, las que incluyen andesitas, dacitas, riolitas, basaltos, tobas y aglomerados, y está interpretada para representar los productos volcánicos de la subdivisión plutónica Abitagua. En el norte, la evidencia de campo sugiere que hay una transición litológica a través de la zona subandina dentro de la subdivisión Upano, deformada, marina volcano-sedimentaria, la cual al menos en parte, se piensa que representa los equivalentes de las facies laterales occidentales (Mapa 8).

Sin embargo, al sur y al este hay evidencia, a lo largo de la nueva ruta que va de Méndez a Santiago, que la Fm. Santiago es en realidad interestratificada con los sedimentos tobáceos turbidíticos que han sido previamente asignados a la Fm. Chapiza (Tschopp, 1953). Esta observación indica que durante la sedimentación Santiago (tiempo Sinemuriano) y antes de la intrusión de la subdivisión Abitagua, la actividad volcánica estuvo distribuida en esta parte del Ecuador. Por lo tanto, es completamente posible que la subdivisión Misahuallí (por esta razón y por analogía a la subdivisión Upano) incluya también rocas más antiguas de la subdivisión Abitagua.

2.3.5b-i Geocronología de la subdivisión Misahuallí

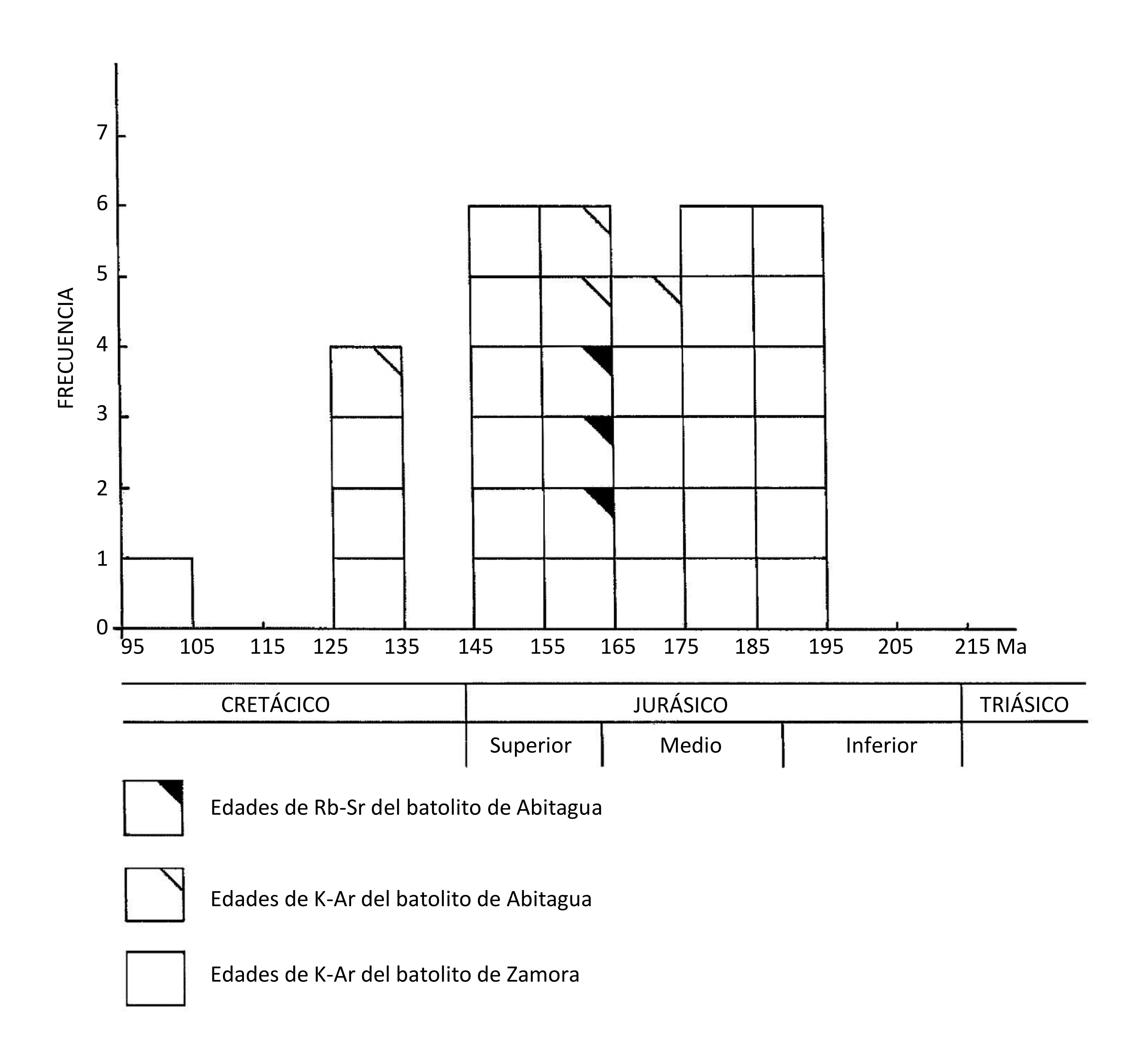
Pocas determinaciones de edades radiométricas están disponibles para la subdivisión Misahuallí. La evidencia indirecta para su edad viene de las edades minerales (K-Ar) obtenidas de dos diques de andesitas hornbléndicas en los batolitos Abitagua y Zamora; la muestra 7 dio dos edades duplicadas de 168 ± 4 Ma y 174 ± 8 Ma y la muestra 25 dio 143 ± 7 Ma, una muestra rodada de una andesita porfirítica con hornblenda, recogida en la Quebrada Curishpe, que drena la parte oeste del batolito Zamora al sur de La Paz (ver Mapa 8, en Litherland, 1989), dio edades duplicadas de hornblenda de 230 ± 14 Ma y 214 ± 23 Ma (ver Apéndice 8, en Litherland, 1989). Una edad K-Ar de roca total de 72 ± 9 Ma ha sido también obtenida de andesitas que afloran al SE de Zumba cerca de la Quebrada de San Francisco y la frontera con el Perú (ver Mapa 8, en Litherland, 1989, y Apéndice 2c de este informe, muestra 18).

TABLA 2 Edades minerales K-Ar para rocas plutónicas. Batolito Zamora/Río Mayo.

Muestra No.	Mineral	%K ± % *Sd*	Atm 40 Ar %	Rad 40 Ar ± %*Sd* (nl/g)	Edad ± 2*Sd* (Ma)	
FV-60	Hb	0.570	35.7	3.49	151 ± 5	
16-C	Hb	0.371 ± 1.0	88.5	2.009 ± 8.1	134 ± 21	
16-H	Hb	0.289 ± 1.0	71.8	2.107 ± 2.8	178 ± 10	
17	Hb	0.227 ±2.4	40.6	1.776 ± 1.5	191 ± 10	
19	Hb	0.205 ± 1.0	50.2	1.581 ± 1.5	188 ± 6	
20	Hb	0.591 ± 1.0	40.1 *	4.356 ± 1.2	126 ± 4	126.5
			18.5 *	4.398 ± 1.0	127 ± 4	
	Bt	2.34 ± 1.0	37.3 *	15.77 ± 1.2	166 ± 5	168.5
			38.0 *	16.35 ± 1.2	171 ± 5	
21-A	Hb	0.99 ± 2.8	64.0	6.134 ± 2.2	153 ± 10	
	Bt	3.93 ± 1.0	25.7	24.32 ± 1.1	153 ± 4	
21-G	Hb	0.971 ± 4.0	45.6	6.036 ± 1.3	153 ± 12	
	Bt	5.16 ± 1.0	25.3	32.78 ± 1.1	156 ± 5	
22-B	Bt	4.70 ± 1.0	20.8	34.20 ± 1.1	178 ± 5	
22-E	Hb	0.32 ± 2.0	64.2	2.363 ± 3.3	181 ± 14	
13-A	Hb	0.17	63.96	1.331	193 ± 9	
13-B	Hb	0.16	81.95	1.230	187 ± 17	
RM-1	Hb	0.593	59.3	3.161 ± 1.8	132 ± 5	
	Bt	4.64	15.9	19.29 ± 1.0	104 ± 3	
485	Hb	0.481	37.6	3.247 ± 1.2	166 ± 5	
	Bt	4.04	52.0	28.73 ± 1.5	174 ± 6	
681	Hb	0.916	22.5	5.708 ± 1.0	153 ± 5	
	Bt	5.67	23.5	34.53 ± 1.1	150 ± 4	
26-B	Hb	0.499 ± 1.0	78.8	3.562 ± 3.9	175 ± 14	
	Bt	4.19 ± 1.0	24.1	29.34 ± 1.1	172 ± 5	
26-C	Hb	0.549 ± 1.0	78.6	4.172 ± 3.9	186 ± 14	
	Bt	5.21 ± 1.2	38.7	39.87 ± 1.2	187 ± 6	
26-E	Hb	0.375 ± 1.0	78.0	2.688 ± 3.8	176 ± 13	
	Bt	2.13 ± 1.0	34.1	15.53 ± 1.1	178 ± 5	

* Análisis repetidos   Hb = Hornblenda; Bt = Biotita

FIGURA 3 Edades radiométricas de K-Ar y Rb-Sr de las rocas plutónicas de los batolitos de Abitagua y Zamora



La interpretación de los datos anteriores es algo difícil porque los puntos de muestreo son muy pocos y están ampliamente distribuidos. Sin embargo, como un comentario general, en el área de la Quebrada San Francisco se puede ver que los volcánicos están superpuestos por la Fm. Cretácea Inferior Hollín, por lo tanto, no puede ser descartada la posibilidad del volcanismo del Cretácico Superior, pero es improbable que estuvo ampliamente distribuido en esta zona.

2.4 Geología de las rocas cretácicas de la Cordillera Real

2.4.1 Sedimentos cretácicos de las Formaciones Hollín, Napo y Tena

Estas Formaciones están restringidas a los flancos orientales de la Cordillera Real y descripciones litológicas completas son dadas por Tschopp (1953) y Baldock (1982).

En el norte (Mapa 8) estas rocas ocurren al este de la falla Rosa Florida y en el Río Cofanes la Fm. Napo está sobrecorrida al este sobre la más joven Fm. Tena (Maestrichtiano-Paleoceno Inferior?).

Hacia el sur los 'duplexes' de Napo/Hollín están bien expuestos al oeste de Sucúa a lo largo del Río Tutanangoza (Mapa 9). Aproximadamente a dos kilómetros al este del Río Nayembayme, en un afloramiento continuo de más o menos 50-70m, con cinco repeticiones de las areniscas de la Fm. Hollín, las que estructuralmente yacen sobre las lutitas negras de la Fm. Napo pueden ser notadas (Apéndice 1j y Mapa 7). Este corrimiento se piensa también que envuelve a la Fm. Tena, pero hasta que se obtenga un control paleontológico bueno la presencia de las rocas más antiguas no puede ser excluida.

Hacia el oeste, a lo largo del mismo río, aflora otro 'duplex' de Hollín/Napo pobremente expuesto. De manera significativa estas rocas están sólo deformadas moderadamente y metamorfizadas débilmente. Sin embargo, ellas están separadas del afloramiento Cretácico más oriental por un filón de corrimiento de un ancho de 2-3 km de esquistos verdes fuertemente deformados de la subdivisión Upano. Esta observación sostiene fuertemente que un evento metamórfico/tectónico regional pre-Hollín afectó la Cordillera Real. Esto contradice los puntos expresados por Feininger (1975, 1982) que el evento metamórfico principal ocurrió durante el periodo Cretácico Superior y que el protolito representa los equivalentes laterales (occidentales) de las Formaciones Hollín y Napo.

Inmediatamente al norte del Río Tutanangoza un patrón complejo de repeticiones de los afloramientos de Hollín y (?)Tena han sido mapeados en los Ríos Miriumi y Cuyataza por P. Townsend de B. P. Development Ltda. (ver además Mapa 9). En esta área parece que la Fm. Hollín es sobrecorrida hacia el este sobre la Fm. Tena, pero este contacto fue más tarde plegado por niveles de corrimientos más profundos los que todavía estuvieron generándose en la zona subandina (Townsend, comentario personal).

Al este de la sección del Río Upano, al oeste de Macas, una faja angosta de la Fm. Napo es indicada en el Mapa 9. Debería recordarse que en el mapa geológico de Macas 1:100000 (Lascano et al., 1989) recientemente publicado, ésta es incluida dentro de la Fm. Abanico. Sin embargo, basados en correlación litológica y en el hecho de que el grado de metamorfismo de estas rocas es muy bajo comparado con el de la subdivisión Upano inmediatamente al oeste, preferimos incluirlas en la Fm. Napo.

2.4.2 Intrusivos cretácicos y complejos máficos

Relativamente pocos intrusivos de esta edad están presentes dentro de la Cordillera Real.

2.4.2a Plutón Pimampiro

El plutón Pimampiro, que está fallado a lo largo de su margen oriental, consiste de granodiorita porfirítica hornbléndica ± biotita y presenta bandeamiento de flujo. Las siguientes edades de minerales K-Ar han sido obtenidas de la intrusión: muestra 1A, 80 ± 4.5 Ma (Hb) y 84 ± 3 Ma (Bi); muestra 1C, 92.5 ± 3.5 Ma (Hb) y 73 ± 3 Ma (Bi) (Apéndice 8, en Litherland, 1989).

Además, Evernden (1961) reportó una edad K-Ar de 72 Ma de Pimampiro. Estos datos indican una edad Cretácica Superior para el plutón, pero sugieren que éste ha sido posiblemente afectado por una sobreimpresión termal tardía que contaría para la edad discordante de biotita joven registrada de la muestra 1C. (N.B., la muestra 1B en el Apéndice 8 es un rodado de moscovita pegmatítica recogida en el Río Chota. Se pensó que ha sido derivada de la subdivisión Tres Lagunas (Lt en el Mapa 8). La edad K-Ar de 60 ± 2 Ma (Mosc) es considerada como reajustada).

2.4.2b Área Magtayán

Esta área no ha sido estudiada detalladamente por el Proyecto, pero parece que están presentes plutones granodioríticos a tonalíticos y también cuerpos máficos/ultramáficos, ricos en hornblenda (Sosa et al., 1975; Kennerley, 1980; D. Benalcázar, comentario personal).

En 1987, el área de Magtayán fue visitada por el Proyecto y se recogieron varias muestras rodadas para análisis de K-Ar. Las muestras 13A y 13C consisten de tonalitas/dioritas con hornblenda ± biotita y se asume que han sido derivadas del plutón Magtayán, mientras que 13B, un gabro pegmatítico hornbléndico, puede ser derivado de los cuerpos ricos en hornblenda los cuales, de acuerdo a D. Benalcázar (comentario personal), también afloran en el área (Mapa 9). Obviamente un muestreo más detallado de los afloramientos actuales necesita ser llevado a cabo, pero si las inferencias anteriores son correctas, entonces el plutón Magtayán es probablemente Cretácico Superior, porque las muestras 13A y 13C produjeron edades de 74 ± 3 Ma (Hb) y 68 ± 5 Ma (Bi) y 79 ± 3 Ma (Hb). El gabro pegmatítico (13B) también dio una edad del Cretácico Superior, pero ligeramente más antigua (87.5 ± 4.5 Ma, Apéndice 8, en Litherland, 1989), y está de acuerdo con el reportado por Kennerley (1980) de 85 ± 3 Ma para hornblendita del área de Magtayán.

2.4.2c Complejo máfico/ultramáfico Tampanchi

Los complejos máficos/ultramáficos dentro de la subdivisión Alao-Paute fueron reconocidos primero en el área de Tampanchi, al este de Azogues (ver Litherland, 1988, p. 12 y 1989, p.5). 21 láminas delgadas de rocas recolectadas de este complejo fueron examinadas por el Dr. Fortey y sus resultados están incluidos en el Apéndice 4b. Dos análisis de roca total del complejo Tampanchi están listados en el Apéndice 3.

A más de los estudios petrográficos, se obtuvieron tres edades K-Ar de este complejo por el Dr. Harrison (Apéndice 2b). Las muestras 17A y 17B que consisten de gabro hornbléndico y una facies de hornblenda y plagioclasa pegmatítica, produjeron edades minerales de 65.7 ± 3 Ma y 61.2 ± 4 Ma respectivamente y la muestra 17C, un basalto de grano fino, rico en hornblenda, dio una edad de roca total de 60.6 ± 10 Ma. De acuerdo al Dr. Fortey, el complejo Tampanchi es no-metamorfizado y relativamente no-deformado y de aquí estos datos son apropiados para reflejar las edades magmáticas de enfriamiento. Ellas son, sin embargo, significativamente más jóvenes (ca. 25 Ma) que las registradas en el área Magtayán (Sección 2.4.2b).

2.4.2d Otros complejos ultramáficos

Hornblenditas y/o gabros muy similares a los de Tampanchi afloran cerca del pequeño poblado de El Azul y también ocurren en bloques rodados en dos tributarios sin nombres a la orilla sur del Río Upano, al oeste de Zuñag (Mapa 9). Están también presentes bloques de hornblendita y gabro al oeste de Paute sobre el poblado de Shumir, en el área alrededor de 7450-9692 (hoja topográfica de Azogues 1:50000, L. Quevedo, comentario personal).

La aparente restricción de estos complejos a la subdivisión Alao-Paute y su último origen permanece incierto.

2.4.3 Sedimentos terciarios

En el Mapa 9 están indicadas dos unidades terciarias sedimentarias. La Fm. Arajuno del Mioceno, que está limitada al oriente, ha sido descrita por Tschopp (1953) y subsecuentemente por Mortimer et al., (1980). De acuerdo con estos últimos autores la Fm. Arajuno está en contacto fallado, pero estructuralmente yace debajo, de la Fm. Tena al oeste.

Las areniscas de Atillo, localizadas cerca de la Laguna de Atillo (Mapa 9), no han sido reconocidas previamente. La secuencia consiste de canales fluviales de areniscas y limolitas que contienen horizontes carbonáceos ricos. Un fósil de pescado bien preservado fue descubierto en esta secuencia y un informe completo realizado por el Dr. Patterson sobre este descubrimiento está incluido como Apéndice 5c. La edad precisa de las areniscas de Atillo todavía está en duda, pero a partir de como lo señaló el Dr. Patterson, fósiles similares han sido descritos de las Formaciones Miocénicas de Loyola y Mangán en la cuenca de Cuenca al sur (Bristow, 1973; Roberts, 1975) entonces lo más probable parecería ser una edad Miocénica.

2.4.4 Intrusivos terciarios menores

A través de toda la Cordillera Real un número de stocks/plutones no deformados y post-tectónicos principalmente de composición granodiorítica han sido identificados (ver Informes Anuales anteriores y Litherland et al., 1990). En el área cubierta en el Mapa 9, han sido datados tres plutones: Pungalá (45 ± 4 Ma, 42 ± 2 Ma, Apéndice 8, Litherland, 1989), el stock pequeño sin nombre a lo largo de la carretera Gualaceo-Plan del Milagro (39 ± 4 Ma, Apéndice 4, FV-83, en Litherland, 1987) y el plutón Amaluza (34 ± 1 Ma, 49 ± 2 Ma, Kennerley, 1980; Herbert y Pichler, 1983).

El plutón Salado (Mapa 9) no ha sido datado, pero ya que no está aparentemente deformado se asume que pertenece al Terciario Inferior. Una edad más antigua no puede ser excluida enteramente.

En el norte (Mapa 8) el plutón Azuela puede ser de esta edad.

2.4.5 Stocks porfíricos

Un número de stocks porfíricos pequeños, no deformados, están presentes cerca del frente Baños en la parte sur del Mapa 9. No son conocidas las edades de estas intrusiones, pero probablemente son Terciarias Superiores.

2.4.6 Depósitos volcánicos cenozoicos

Estos depósitos están ampliamente distribuidos en especial a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Real. Ellos incluyen tobas, lavas, aglomerados y los centros volcánicos principales de Tungurahua, Altar y Sangay.

También están indicados en el Mapa 9 en el sur algunos cuellos volcánicos pequeños.

Estos depósitos no han sido estudiados por el Proyecto, pero regionalmente es de interés anotar que el Tungurahua, Altar y Sangay están alineados y aparentemente controlados por el Frente Baños (Mapa 9).

2.5 Estructura

Un corte estructural transversal de la Cordillera Real fue presentado en Litherland, 1989 (Fig. 2) pero estudios detallados todavía deben ser efectuados.

La ocurrencia de '*caballos'* (en el sentido de Butler, 1983), de los lentes/cuñas con contactos fallados, y la alternación de fajas de clivaje plano y subvertical parecerían ser consistentes con un modelo de mantos/lentes tectónicos de corrimiento imbricado. Sin embargo, es aparente que las milonitas S-C tipo-I (Lister y Snoke, 1984) son comunes dentro de las subdivisiones plutónicas más antiguas de la Cordillera Real (e.g. Azafrán y Tres Lagunas). También las lineaciones de minerales, por ejemplo, dentro de la subdivisión Azafrán a lo largo de la carretera Baños, son generalmente sub-horizontales o suavemente moderadas, con frecuencia con buzamiento hacia el sur, sugeriría que la transpresión ha sido un factor muy importante en la deformación de la cordillera. La evidencia preliminar de las láminas delgadas indica que los movimientos fueron esencialmente dextrales.

En contraste, a lo largo del frente Baños al sur de Sigsig, lineaciones con buzamientos hacia el oeste y noroeste y estructuras de ojos asimétricos proveen buena evidencia para compresión 'simple' y, el sobrecorrimiento de la subdivisión Alao-Paute de ONO sobre la subdivisión Tres Lagunas al ESE.

2.6 Edades radiométricas reajustadas de la Cordillera Real

La Sección 2 intenta haber resumido la evidencia geocronológica que ha sido obtenida de las diversas subdivisiones reconocidas dentro de la Cordillera Real. Sin embargo, al igual que los intentos anteriores, (ver Litherland, 1987, el sumario) nuestros esfuerzos para obtener lo que creemos representan las edades originales y/o del metamorfismo original no han sido completamente exitosos. En particular un gran número de determinaciones de minerales utilizando el método de K-Ar dan constantemente edades más jóvenes cuando están comparadas con las de Rb-Sr y Sm-Nd y éstas están interpretadas para reflejar reajustes subsecuentes por eventos termales posteriores.

2.6.1 Subdivisión Sabanilla

Las edades de 'errorchrons' de roca total Rb-Sr obtenidas de esta subdivisión sugieren que un evento termal importante ocurrió en la Cordillera Real entre ca. 200-230 Ma (ver 2.3.3d y Apéndice 2b). Sin embargo, las edades minerales (K-Ar) (Tabla 3) son invariablemente más jóvenes y, con excepción de puntos los que están obviamente aislados, dan edades consistentes de entre ca. 85-65 Ma (Fig. 4). Al contrario de lo que podría esperarse, puede ser visto también en la Tabla 3 que las edades de la moscovita en la división Sabanilla son más jóvenes que las obtenidas de la biotita.

2.6.2 Subdivisiones Tres Lagunas y Agoyán

Al momento la mejor estimación para la edad de la subdivisión Tres Lagunas es ca. 200 Ma (ver 2.3.3a y Apéndice 2b). Se asume que el metamorfismo de la subdivisión Agoyán es de una edad similar. Debería notarse que las muestras del área de Papallacta (Apéndice 2b, muestra 1A; Apéndice 3, muestra 4, en Litherland, 1989) dieron edades de 324 ± 16.5 Ma (Hornblenda) y 367 ± 9.5 Ma (Hornblenda) y una edad promedio de biotita 863 ± 32 Ma (Apéndice 2b, muestra 1B) que puede insinuar la presencia de un basamento metamórfico más antiguo en el área. A pesar de estas edades antiguas, han sido también notadas edades minerales (K-Ar) más jóvenes obtenidas de estas dos subdivisiones y están listadas en la Tabla 4 y ploteadas en la Fig. 5.

Examinando la Tabla 4 revela que en el caso de la subdivisión Tres Lagunas las edades de las moscovitas son consistentemente más antiguas que las edades de la biotita de la misma muestra y esto se nota especialmente en el caso de las muestras de Malacatos (Moscovita) 98-99 Ma; (Biotita) 63-64 Ma. Si uno supone que estas tres edades antiguas están parcialmente reajustadas, la mayoría de las otras edades caen dentro de 55-85 Ma. Esto es similar a, pero con un rango más joven y extendido que, 65-85 Ma indicado para la subdivisión Sabanilla.

2.6.3 Sumario de la evidencia geocronológica y la interpretación de las edades reajustadas – cretácica a terciaria inferior

Con la excepción de unas pocas edades antiguas, en particular aquellas del área de Papallacta, el evento metamórfico más antiguo reconocido en la cordillera es probablemente de edad Triásica Superior a Jurásica Inferior. Este evento afectó las rocas de la división Loja (subdivisiones Sabanilla y Tres Lagunas) y posiblemente se correlacionan con edades similares que han sido obtenidas de las rocas plutónicas y metamórficas de la Provincia de El Oro (Tabla 2, en Litherland, 1987; Apéndice 2b, de este informe) Entre ca. 150-190 Ma ocurrió en Ecuador un evento de plutonismo muy importante que resultó en el emplazamiento de las subdivisiones Abitagua y Azafrán(?) y, la formación de sus secuencias asociadas volcánicas/volcano-sedimentarias (subdivisiones Misahuallí y Upano?).

Como se discutió en 2.6.1 y 2.6.2 numerosas edades (K-Ar) de minerales han sido obtenidas de las subdivisiones de Sabanilla, Tres Lagunas y Agoyán. Se han observado también algunas edades jóvenes de los batolitos Abitagua y Zamora y de la subdivisión Azafrán (ver 2.3.4b, 2.3.5a y también Apéndice 8, en Litherland, 1989). Esta información ha sido ploteada en la Fig. 6 junto con los principales eventos sedimentarios/tectónicos, como está evidenciado por las Formaciones sedimentarias cretácicas a terciarias inferiores de los flancos de la Cordillera Real. Aunque se entendió claramente que la interpretación de las edades reajustadas de minerales es frecuentemente difícil, en especial cuando el efecto de los eventos tectónicos sucesivos está superimpuesto, algunos rasgos aparentes de la Fig. 6 merecerán un comentario posterior.

Después de terminar el plutonismo en las subdivisiones de Abitagua y Azafrán (?) (ca. 150 Ma) la Cordillera Real estuvo sujeta a un fuerte tectonismo y se ha sugerido que este evento estuvo relacionado a la colisión de la división Alao a lo largo de la línea del frente Baños (Aspden et al., 1988). La evidencia de que un evento de cizallamiento transpresional muy fuerte afectó a la cordillera a/o cerca de este tiempo viene del batolito Azafrán. Como se mencionó antes (2.3.4b), edades concordantes de hornblenda y biotita de 128 ± 7 Ma y 128 ± 4 Ma han sido obtenidas de una monzodiorita/diorita deformada.

Pero también las edades de hornblenda y biotita de 174 ± 5 Ma y 176 ± 5 Ma fueron obtenidas de una muestra no-deformada de la misma zona. Antes se sugirió que el isócrono del batolito Azafrán de 120 ± 5 Ma podría relacionarse a este episodio de cizallamiento regional y, como puede ser visto en la Fig. 6, unas edades jóvenes de K-Ar (reajustadas) de los batolitos Zamora y Abitagua, algunas de las cuales son de pares de minerales (Hornblenda/Biotita) que dieron edades discordantes aparentemente pueden ser atribuidas a este mismo evento. Suponiendo una edad Jurásica para la subdivisión Upano entonces estas rocas deben ser metamorfizadas a la facies de esquisto verde, y en parte a la facies de anfibolita, en este tiempo. Sin embargo, no existe una evidencia firme para la edad de esta subdivisión y, sería posible que toda o parte de la subdivisión Upano pueda pre-datar las subdivisiones Azafrán y Abitagua como la edad original del metamorfismo.

TABLA 3 Edades minerales K-Ar reajustadas de la subdivisión Sabanilla

Muestra	Mineral	Edad (Ma)	Área
FV-57	Bt	83 ± 2	Este de Zamora, carretera de Loja
FV-58	Bt	97 ± 3	
23-D	Bt	82 ± 3	
23-E	Bt	82 ± 3	
23-F	Bt	82 ± 3	
12-A	Mosc	65.7 ± 2	
	Bt	84.5 ± 3	
12-C	Mosc	65.6 ± 2	
	Bt	72 ± 2 *	
	Bt	81 ± 2 *	
	Bt	52 ± 2 **	
24-A	Hb	131.5 ± 7	Área de Valladolid
	Bt	76 ± 3	
24-B	Mosc	77 ± 3	
24-C	Mosc	65 ± 2	
24-D	Bt	72 ± 2	
10-A	Mosc	68.8 ± 2	
	Bt	84.7 ± 2	
10-C	Mosc	73.4 ± 3	
	Bt	81.8 ± 2	
10-D	Bt	81.8 ± 2	

Datos de: Apéndice 4, en Litherland, 1987
Apéndice 8, en Litherland, 1989
Apéndice 2b, en este reporte
* Kennerley, 1980
** Baldock, 1982

Bt = Biotita
Mosc = Moscovita
Hb = Hornblenda

FIGURA 4 Edades radiométricas de K-Ar reajustadas de la subdivisión Sabanilla

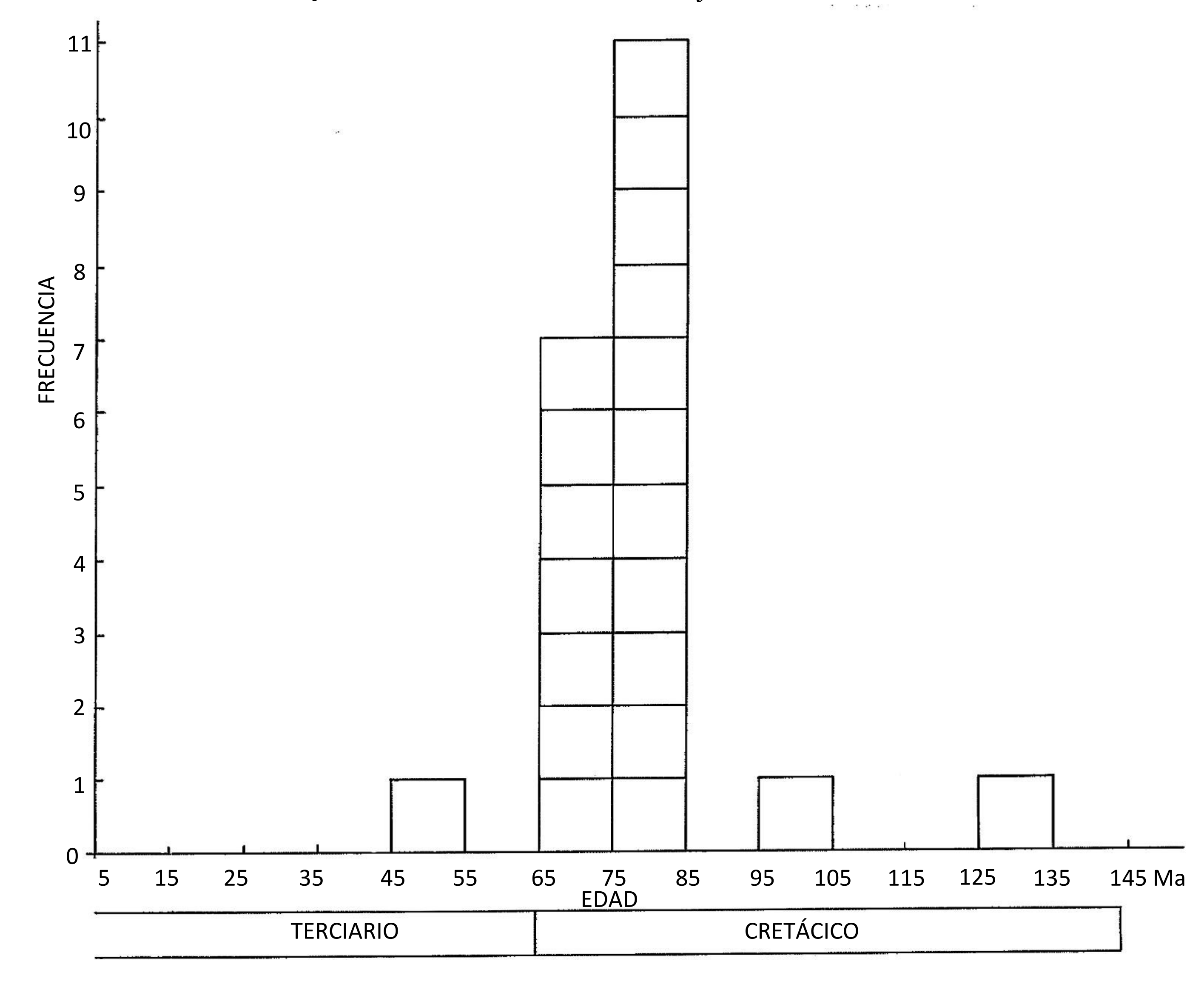


TABLA 4 Edades minerales K-Ar reajustadas de las subdivisiones Tres Lagunas y Agoyán

Muestra	Mineral	Edad (Ma)	Área
		Subdivisión Tres Lagunas	
11-A	Mosc	99.6 ± 3	Malacatos
	Bt	64.6 ± 9	
11-B	Mosc	98.5 ± 3	
	Bt	63.1 ± 3	
11-C	Mosc	98.9 ± 3	
	Bt	65.5 ± 2	
14-D	Bt	61.7 ± 2	Tres Lagunas área al este de Saraguro
	Mosc	67.5 ± 3	
14-E	Bt	50.5 ± 2	
	Mosc	73.1 ± 2	
14-F	Bt	61.7 ± 2	
	Mosc	68.8 ± 2	
14-A	Bt	81 ± 3	Área de Mina Peggy
14-D	Bt	86 ± 4	
		Subdivisión Agoyán	
11-B	Mica	78 ± 33	Baños-Puyo
11-D	Mica	74 ± 27	
11-E	Mica	75 ± 7	
	Mosc	56.5 ±2 *	
	Mosc	60 ± 2 *	
1-C	Mosc	73.7 ± 3	Papallacta (Río Chalpi)

Datos de: Ver Tabla 3, en este informe
* Herbert y Pichler (1983)

Bt = Biotita
Mosc = Moscovita

FIGURA 5 Edades radiométricas de K-Ar reajustadas de las subdivisiones Tres Lagunas y Agoyán

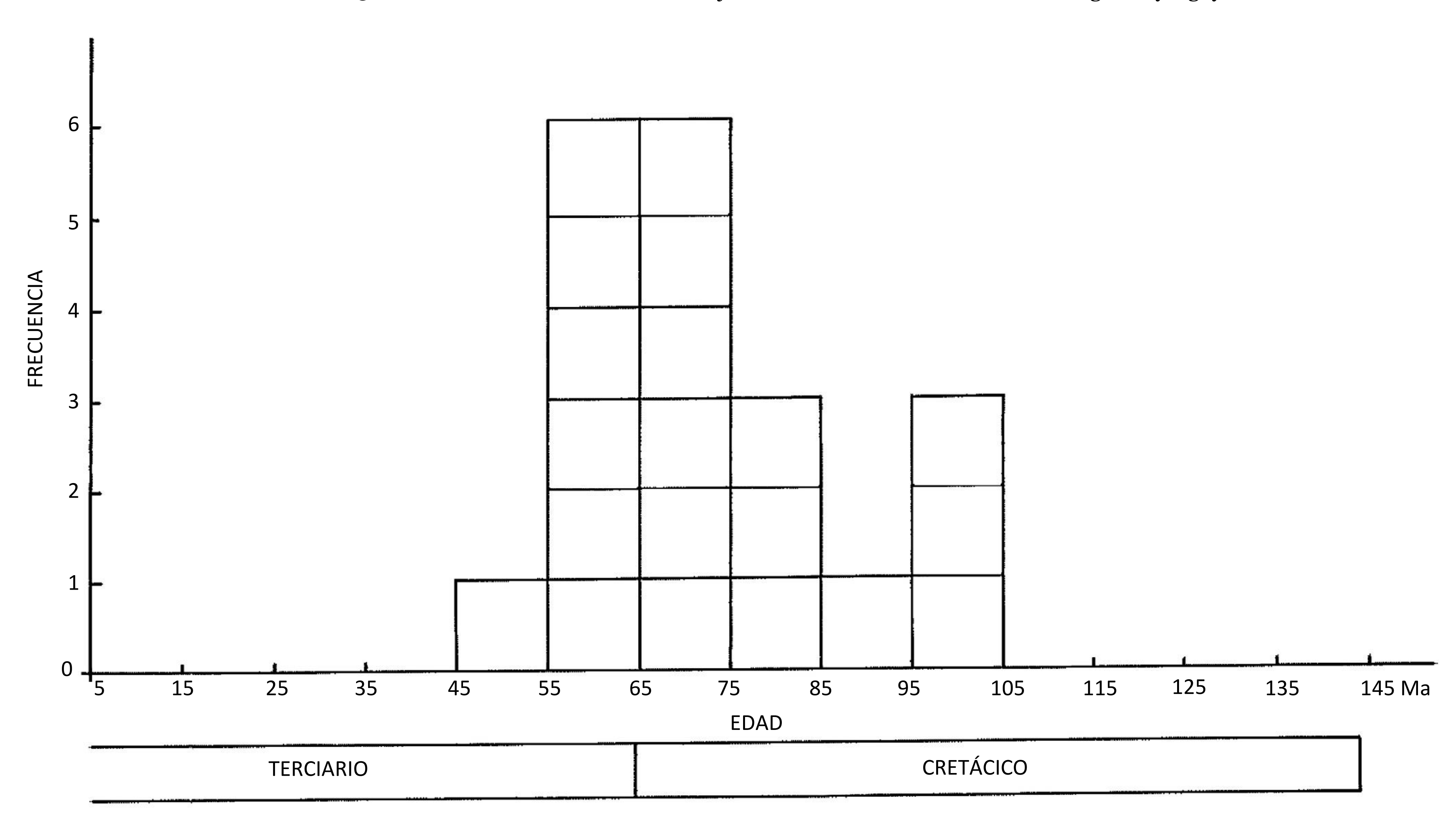
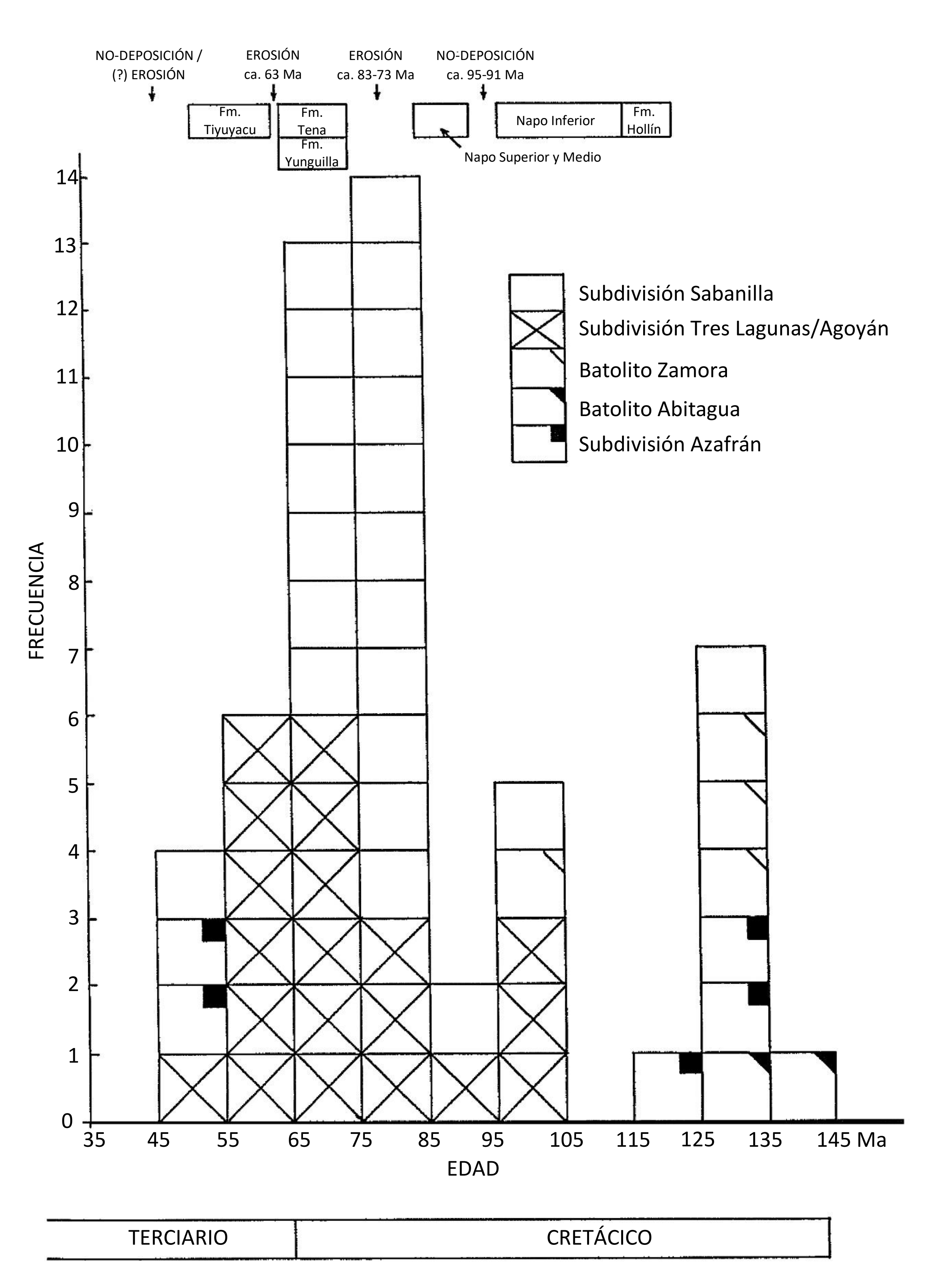


FIGURA 6 Edades radiométricas de la Cordillera Real reajustadas. Cretácico a Terciario Inferior



Datos de: ver Tabla 2

Después de la colisión de la división Alao una erosión extensiva ocurrió en la zona sub-Andina antes de la deposición del oeste de la Fm. Hollín. La base de la Fm. Hollín está pobremente datada, pero generalmente es considerada como Aptiano (ca. 119-113 Ma) (Bristow y Hoffstetter, 1977). Aunque lavas y tobas estratificadas están presentes en la Fm. Napo Inferior (Baldock, 1982) estas secuencias estuvieron depositadas bajo condiciones relativamente estables en el límite de una plataforma epicontinental extensiva.

La Fm. Napo, Media e Inferior, están separadas por un periodo de no deposición Cenomaniano Medio a Superior (ca. 95-91 Ma) que puede relacionarse con un pico pequeño de edades reajustadas de minerales en la Fig. 6 de 95-105 Ma. Siguiendo la deposición de la Fm. Napo Superior ocurrió un periodo Campaniano de erosión importante (ca. 83-73 Ma) (Baldock, 1982) y éste, junto con la deposición subsecuente de las Fms. Tena y Yunguilla, coincide con el pico marcado de edades reajustadas de minerales de la Cordillera Real. La evidencia sedimentológica de la Fm. Tena indica que ésta fue derivada del oeste (Baldock, 1982) y ya que la Fm. Yunguilla está confinada a los flancos occidentales de la Cordillera, entonces parece razonable concluir que el reajuste termal Cretácico Superior esparcido puede estar relacionado a la emergencia de la Cordillera Real como un rasgo topográfico positivo (ver además Baldock, 1982).

La evidencia de las Formaciones sedimentarias indica claramente que las condiciones de inestabilidad continuaron durante todo el Terciario Inferior. En el Oriente están ausentes los sedimentos del Eoceno Medio al Oligoceno Superior y una discordancia erosional separa la Fm. Tena de la suprayacente (Tiyuyacu) sucesión de 'capas rojas' con su conglomerado basal grueso (Baldock, 1982). En el oeste, por ejemplo, en la cuenca de Cuenca, la Fm. Yunguilla está superpuesta directamente por sedimentos Miocénicos (Bristow et al., 1980) y de la Fig. 6 estos eventos parecen que también están reflejados en la continuación del evento termal ('overprinting') que afectó a las rocas metamórficas en la Cordillera Real.

En términos regionales el evento de 85-55 Ma (Cretácico Superior a Paleoceno) está interpretado para corresponder, al menos en parte, con la llegada y acreción subsecuente de la Cordillera Occidental a lo largo de la falla Calacalí Pallatanga-Palenque (Aspden et al., 1987, 1988). Durante este tiempo la actividad plutónica dentro de la cordillera fue restringida (2.4.2 y 2.4.4) y es sugerido que la energía termal necesaria para explicar tal reajuste tan ampliamente distribuido en la cordillera debe haber sido generada durante el levantamiento de la cordillera, principalmente como el resultado ya sea del calentamiento friccional a lo largo de las zonas cizalladas o por el incremento en el espesor de la corteza continental.

3. OCURRENCIAS MINERALES Y ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS

Como en los Informes Anuales anteriores, los grupos de minerales usados en este capítulo siguen los del Mining Journal. Solamente las ocurrencias de minerales y las anomalías geoquímicas encontradas en los pasados 12 meses son tomadas en cuenta. La información económica del Mapa 9 al sur del Río Paute, ha sido incluida en Informes Anuales anteriores. De igual manera, sólo las nuevas ocurrencias minerales que están de acuerdo con la travesía Atillo-Macas (Río Abanico) se encuentran en este informe, informaciones anteriores pueden ser encontradas en Litherland (1987).

En el Apéndice 6, están indicados todos los análisis geoquímicos disponibles de sedimentos fluviales y muestras de rocas, junto con su localización. El Apéndice 6a indica los análisis efectuados en los laboratorios de INEMIN e incluye sedimentos fluviales y análisis de rocas. El Apéndice 6b, incluye solamente los análisis de rocas que han sido efectuados por los laboratorios de ACME, Vancouver Canadá; o por Caleb-Brett, St. Helens, UK.

El lector puede encontrar en el Apéndice 7a los detalles de minerales de interés económico que han sido identificados en concentrados bateados recolectados en la Cordillera Real en los pasados cuatro años. La localización de estas muestras está en los Mapas 10 y 11 y los análisis semicuantitativos de XRF de algunos de los concentrados bateados están incluidos en el Apéndice 7b. Al momento de escribir este informe el Apéndice 7 está en preparación y, por lo tanto, no será discutido en este reporte. Además, el Apéndice 4b describe una serie de conjuntos de rocas algunas de las cuales son de conocido interés económico.

3.1 Metales preciosos

3.1.1 Oro y plata

3.1.1a Ocurrencias aluviales (Au)

El oro ha sido bateado o es trabajado, en varios ríos y estos están indicados en los mapas geológicos (Mapas 8 y 9). Ocurrencias de oro adicionales están también indicadas en los dos mapas de travesía que cubren la parte sur de la Cordillera Real (Mapas 3 y 4). En las siguientes áreas/ríos, el oro es trabajado comercialmente por minadores/cooperativas de pequeña escala:

(a) Ortega Alto – cuando éste fue visitado por el Proyecto unos 17 mineros estuvieron trabajando en este depósito coluvial (?). La fuente de oro de este sitio histórico no es conocida, pero el área ha sido estudiada por INEMIN (1986) (ver además el Apéndice 1e, Mapa 3).

(b) Río Tutupali – extensamente trabajado, usualmente por pequeños grupos de familias. Una operación proyectada de draga comercial al norte de la Paz, fue paralizada cuando el área fue visitada por última vez, debido a disputas sobre tenencia de tierras (Mapas 3 y 4).

(c) Río Palora – principalmente aguas abajo de, pero incluyendo el Río Coco; también en el Río Sangay. Esta operación incluye varios grupos, pero probablemente implica un exceso de 100 personas, trabajando principalmente adentro del Parque Nacional de Sangay. Muestras de oro prometedoras (6 chispas gruesas en dos bateas) fueron también bateadas en el Río Benado, un tributario de la orilla norte del Río Palora, localizado ca. 1.5 km aguas arriba del Río Coco (Mapas 6 y 9).

(d) Río Illushín – principalmente trabajado desde 1-3 km aguas arriba de su unión con el Río Pastaza (Mapa 9) en los meses secos del año. Hasta 20 mineros estuvieron involucrados en esta operación.

(e) Río Cofanes – en el área de Puerto Libre (Aguarico) el oro aluvial está trabajado por unas 30 familias y también por la Compañía Minera Arajuno. De acuerdo con la información recibida por el Proyecto, el oro aluvial también fue descubierto abajo de La Sofía en 1979 y pepitas de oro de hasta 30 gramos, han sido recogidas de esta área (ver Apéndice 1c y Mapa 2).

(f) Río Minas – aunque el Río Minas aparentemente no ha sido trabajado para oro, muestras prometedoras de 12 laminillas de oro bateado han sido obtenidas. Algunas de las laminillas de oro de hasta 1 mm de ancho (Apéndice 1b y Mapa 1).

3.1.1b Anomalías geoquímicas (Au y Ag).

Los análisis Au y Ag de las muestras de rocas enviadas a los laboratorios Caleb-Brett y ACME (Apéndice 6b) dieron generalmente valores bajos entre 0.4-39 ppb (Au) y <1 ppm (Ag). Algunos valores más altos de 491 ppb (Au) y 2.8 ppm (Ag) fueron obtenidos de una muestra rodada mineralizada (CRHL-667) del Río Quijos (carretera Baeza-Papallacta) y 5 ppm (Ag) y 2 ppm (Ag) fueron registrados de CRFV-908 y M667-C. La muestra CRFV-908 es una veta de cuarzo con sulfuros del NW de Alao (Mapa 6) y la M667-C es un bloque metavolcánico de la Quebrada Las Juntas, un tributario de la orilla occidental del Río Chingual (Mapa 2).

Valores consistentemente más altos de Ag fueron obtenidos de los laboratorios de INEMIN (Apéndice 6a).

(a) Las muestras de roca 553-K y 553-L1, del área de Sara Urco (Mapa 6, en Litherland, 1989) dieron 10 y 13 ppm Ag respectivamente y en 553-L1 fue detectado 0.2 ppm Au.

(b) Un bloque pirítico de la Fm. Napo del Río Cascabel (607B) y un pórfido piritizado del Río Salado (609B) produjeron valores Ag de 6 y 8 ppm (Mapa 7, en Litherland, 1989).

(c) Las muestras de sedimentos fluviales A254F y A257F de los ríos Tambo Blanco y Cristal (travesía Jimbilla-Río Quimi, Mapa 3) dieron valores de 7 ppm y 3 ppm Ag respectivamente.

(d) Las muestras fluviales A263F (Río Cambana), A272F (Río Espadillas), A275F (Q. El Guando Chico) y A277F (Río Salado) del área de Tutupali-San José de Yacuambí dieron valores Ag de entre 4-6 ppm (Mapa 4).

(e) Las muestras duplicadas A279A-K recogidas en el Río Chica (Mapa 4) dieron valores Ag que variaban de 1 ppm a 12 ppm.

3.2 Metales mayores principales

3.2.1 Cobre

(a) En el Río Cambana, fue vista calcopirita cerca del contacto con el batolito Zamora y una muestra de sedimento fluvial de este río (A263F) contenía 90 ppm Cu (Apéndice 1e, Mapa 4 y Apéndice 6a).

(b) Fueron identificadas calcopirita y bornita en bloques rodados de volcánicos del Río Campana Urco (Apéndice 1e, Mapa 4). Una muestra de sedimento fluvial (A271F) aguas abajo de la unión con el Río Espadillas, sin embargo, produjo solamente 39 ppm Cu (Apéndice 6a).

(c) 63 ppm fue recogido de una muestra de sedimento del Río Salado, un tributario de la orilla sur del Río Cantzama, al oeste de Guadalupe (Mapa 4, Apéndice 6a, A277F)

(d) Valores de Cu relativamente altos (54-106 ppm) fueron obtenidos de las muestras de sedimentos fluviales de la travesía del Río Tutanangoza al Río Ojal (Apéndice 6a, CR-RB191-195).

(e) Calcopirita, junto con otros sulfuros (principalmente pirita), está asociada con diques félsicos pequeños y capas a lo largo del margen occidental del plutón (Mapa 9).

(f) Zonas de cizallamiento N-S conteniendo sulfuros al oeste de Peltetec en el Valle Alao, en la subdivisión Alao-Paute, llevan trazas de calcopirita. Está también presente dentro de vetas pequeñas de cuarzo con sulfuros en la subdivisión Tres Lagunas hacia el este (Apéndice 1f, Mapa 5 y 9).

(g) Los siguientes valores Cu fueron obtenidos de sedimentos fluviales en el área de La Sofía-Río Cofanes-Puerto Libre (Mapa 2, Apéndice 6a): 68 ppm (CR-ML143F, Río San Jorge); 68 ppm (CR-ML146F, Q. La Industria); 76 ppm (CR-ML147F, Q. Las Juntas) y 68 ppm (CR-ML148F, Q. El Bicundo).

Muestras de rocas de la misma área (Apéndice 6b) dieron: 269 ppm (M659F, bloque rodado, Río Cofanes); 692 ppm (M667C, bloque rodado, Q. La Industria) y 1308 ppm (M668, bloque rodado, Q. Las Juntas). Además de estas ocurrencias vetas de cuarzo concordantes que llevan un poco de calcopirita están presentes en granodiorita milonítica al sur de La Sofía en el Río Cofanes. Al norte de La Bonita la calcopirita fue vista a lo largo de la nueva ruta donde está asociada con la zona de contacto de un pequeño pórfido Terciario (Apéndice 1c, Mapa 2 y Mapa 8).

(h) Una muestra rodada de gneis moscovítico del Río Condué (CR-MC653A, Apéndice 6b) contuvo 1510 ppm Cu.

(i) Las muestras de roca del área de Sara Urco (Mapa 6, en Litherland, 1989) dieron los siguientes resultados Cu: 553L.1: 773 ppm; MP553D.1: 357 ppm; CR-MP553D.2: 234 ppm; MP554C: 85 ppm; MP554F: 146 ppm.

(j) Una muestra de afloramiento de metabasalto del Río Blanco de Patate contuvo 150 ppm (Apéndice 1a).

(k) Un afloramiento de pórfido mineralizado en el Río Salado contuvo 109 ppm Cu (MP609 y MP609B) (Mapa 7, en Litherland, 1989)

(l) Rodados mineralizados del Río Quijos (carretera Papallacta-Baeza) dieron valores Cu de 120 ppm (CR-HL677, Apéndice 6b)

(m) Fueron notadas menores cantidades de calcopirita en el área alrededor de Monte Olivo (Apéndice 1b, Mapa 1 y Mapa 9).

3.2.2 Plomo y zinc

(a) Los análisis de Pb y Zn obtenidos de las muestras de sedimentos (Apéndice 6a) oscilan hasta 166 ppm y 147 ppm respectivamente. Muestras duplicadas del Río Chicana dieron valores de Pb entre 132-166 ppm y Zn 74-100 ppm. Las muestras: A263F (Río Cambana) dio 157 ppm Pb y 76 ppm Zn; A271F (Río Campana Urco) dio 107 Pb y 145 ppm Zn; A272F (Río Espadillas) dio 107 ppm Pb y 147 ppm Zn y A277F (Río Salado) dio 132 ppm Pb y 136 ppm Zn (ver Mapa 4).

Valores Pb “anómalos” fueron también registrados de las siguientes muestras: A257F (Río Cristal, Mapa 3) 101 ppm; A262F (Río Quimi, Mapa 4) 107 ppm; CR-ML141F (Río Cofanes, Mapa 2) 96 ppm.

(b) Un bloque volcánico silicificado/epidotizado del Río Cantzama (Mapa 4, CR-FV770) contuvo 633 ppm Zn.

(c) Muestras de roca mineralizada del área de Sara Urco (553K, 553L.1, Mapa 6 en Litherland, 1989) llevan hasta 1183 ppm Zn y 238 ppm Pb (Apéndice 6a).

(d) Fue registrado 7593 ppm Zn de un rodado en el Río Quijos (CR-HL677) (carretera Papallacta-Baeza).

(e) Muestras de rocas de los ríos Salado y Cascabel (MP609, MP609B y MP607, Mapa 7, en Litherland, 1989) contienen hasta 515 ppm Zn y 121 ppm Pb.

(f) Vetas de sulfuro y cuarzo dentro de la subdivisión Tres Lagunas al este del Río Alao contienen hasta 3170 ppm Pb y 42 ppm Zn (CR-FV908, Mapas 6 y 9).

(g) En el área de Monte Olivo/San Gabriel (Mapa 1) fueron obtenidos los siguientes valores Zn "anómalos": CR-MC640B (cerca de El Carmen) 173 ppm; CR-MC642B (Río Minas) 248 ppm; CR-MC644 (Q. Juan Ibarra) 288 ppm; CR-MC645B (área Ambuquí) 236 ppm y CR-RB180A (Río Blanco) 100 ppm.

(h) En el Río Condué bloques rodados (652B y 653A, Mapa 1) dieron valores Zn de 478 ppm y 332 ppm respectivamente.

(i) En el área de La Sofía-La Bonita (Mapa 3) fueron obtenidos los siguientes valores Zn de las muestras mineralizadas M659F (Río Cofanes) 139 ppm; M667C (Q. La Industria) 38748 ppm; M667D (Q. La Industria) 244 ppm y M668 (Q. Las Juntas) 1211 ppm.

(j) Una muestra de caliza de la Fm. Napo? (RB159A) del Río Mulatos (Mapa 7, en Litherland, 1988) produjo 110 ppm Zn.

(k) Menores cantidades de Pb (134 ppm) estuvieron presentes en una muestra caolinizada del granito Tres Lagunas (A169, Mapa 3).

(l) Valores de hasta 154 ppm Zn y 98 ppm Pb fueron obtenidos de las muestras de rocas del Río Blanco de Patate y Río Verde (Apéndice 1a).

(m) Un bloque suelto de granito granatífero del área Oyacachi (CR-MP462B/C, Mapa 3, en Litherland, 1989) contuvo 100 ppm Zn.

3.2.3 Estaño

Concentraciones pequeñas de estaño oscilando de 11 a 33 ppm están presentes en muestras rodadas de pegmatitas recogidas en la Q. Juan Ibarra al este de San Gabriel (Mapa 1) (CR-MC642B, 643B y 644C, Apéndice 6b).

3.3 Metales de la industria del acero

3.3.1 Cromo

Tres muestras rodadas de serpentinita tuvieron los siguientes valores Cr: M659A (Río Cofanes) 2216 ppm; M659B (Río Cofanes) 670 ppm y M677 (Río Huagrayacu) 971 ppm. Un pequeño afloramiento de una 'veta' de serpentinita carbonatada (10 cm de ancho) cerca de Monte Olivo (CR-MC640B) produjo 1410 ppm Cr. Los niveles de 1000-3000 ppm Cr son estándares para los complejos ofiolíticos en todo el mundo (Hutchinson, 1983).

3.3.2 Cobalto

El valor de Co más alto registrado fue de 112 ppm para un bloque de skarn del Río Verde (M637). En todos los lugares los valores son menores que 100 ppm. Tres muestras de Sara Urco (533-K, 533L.1 y CR-MP553D.2) dieron análisis de 59-97 ppm Co y M667C conteniendo 79 ppm Co. Otros valores entre 54-79 ppm fueron obtenidos en bloques rodados de serpentinita (M659A, M659B y M677).

3.3.3 Hierro y Manganeso

(a) La magnetita está presente en el campo de skarn de Río Verde (Apéndice 1a) y en el área de Sara Urco (Mapa 6, en Litherland, 1989).

(b) Lentes tectónicos? pequeños (hasta de 1 cm) de magnetita fueron vistos en un rodado cuarzo-feldespático en el Río Minas (Apéndice 1b).

(c) En el Río Condué ocurren pequeñas diseminaciones de magnetita en facies pegmatíticas del granito Condué.

(d) La magnetita está presente en vetas pequeñas y en algunos pequeños bloques masivos en los ríos Campana Urco y Espadillas (Apéndice 1e).

(e) Los análisis de Fe y Mn están listados en el Apéndice 6.

3.3.4 Molibdeno

Un valor máximo de 556 ppm fue registrado para MP554C del área de Sara Urco. Otras muestras analizadas contenían <30 ppm Mo.

Fueron notadas menos cantidades de molibdenita en bloques rodados en el Río San Miguel al este de Monte Olivo y también en una serie de vetas delgadas de cuarzo a lo largo del margen oriental del plutón Chingual (Mapa 8).

3.3.5 Níquel

El valor más alto de 1736 ppm Ni viene del área de Sara Urco (553L.1). Entre 665-1613 ppm Ni fue detectado en varias serpentinitas de la Cordillera Real (M677, M659A, M659B y CR-MC640B) y una muestra de pirita de la Fm. Napo (609B) contuvo 610 ppm Ni. Ninguna de estas últimas ocurrencias es considerada de tener interés económico.

3.3.6 Tungsteno

Aunque la scheelita es relativamente común en concentrados bateados de la Cordillera Real (Apéndice 7) no están presentes valores W "anómalos" en el Apéndice 6.

3.3.7 Titanio
Cristales de rutilo café rojizos de hasta 4 cm de largo están presentes en gneises de grano medio al este de Monte Olivo (Mapa 8). Esta ocurrencia es probablemente de interés solo mineralógico.

3.3.8 Vanadio
Algunas muestras de sedimentos fluviales del área de San José de Yacuambí tienen valores de 100 ppm. La concentración más alta de 189 ppm fue obtenida en el Río Cambana (A263F, Apéndice 6a, Mapa 4). Las muestras de roca (CR-FV757A y CR-FV770) también de la misma área contienen 242 y 300 ppm V respectivamente.

Las siguientes muestras de cualquier lugar de la Cordillera, CR-MP462B/C, CR-MC642B y MP554C contienen entre 103-244 ppm V.

3.4 Minerales combustibles

3.4.1 Petróleo
En el Río La Chispa y en otros dos tributarios sin nombre de la orilla del Río Chingual fueron vistos rodados de lutitas bituminosas probablemente de la Fm. Napo (Mapa 2).

3.5 Metales y minerales eléctricos

3.5.1 Cadmio
M667C y CR-HL677 contienen 494 ppm y 110 ppm Cd respectivamente. Un valor más bajo de 17 ppm Cd fue registrado en la muestra M668.

3.6 Minerales y metales de la industria química

3.6.1 Antimonio
M667C dio 22 ppm Sb; 11 y 10 ppm fue registrado de M659A y M659B.

3.6.2 Bario
M662 tuvo 441 ppm Ba.

3.6.3 Bismuto
Un valor máximo de 13 ppm Bi fue encontrado en CR-MP553D.2.

3.6.4 Caolín
En el área del plutón Rosa Florida está presente arcilla rica en caolín (Mapa 8). También hay zonas de caolinización dentro del batolito Tres Lagunas cerca de su margen oriental en la parte sur de la cordillera.

3.6.5 Azufre
Cantidades menores de azufre nativo con zonas de alteración pirítica, están presentes en la Fm. Tarqui cerca de Atillo, a lo largo del camino que conduce a Laguna Atillo (Mapa 9).

3.7 Minerales radioactivos

3.7.1 Uranio
Una banda pequeña de 30 cm de fosfato uranífero aflora en el Río Chingual al norte de Puerto Libre (Mapa 8) (Vera, 1980).

3.7.2 Torio
Un valor de 38 ppm Th fue registrado de CR-FV908 y 27 ppm y 30 ppm de CR-MP462B/C y MP554F.

3.8 Aislantes y refractarios

3.8.1 Asbesto
Cantidades menores de anfibolita asbestiforme están presentes en las superficies cizalladas en rocas verdes máficas en el Río Palmar, pero no son de valor comercial (Apéndice 1b, Mapa 2).

3.8.2 Grafito
Filitas grafíticas están presentes al este de Jimbilla (Mapa 3) y son relativamente comunes en toda la subdivisión Chigüinda (ver Informes Anuales anteriores). Estas ocurrencias son improbables de tener interés económico.

3.9 Otros minerales industriales, rocas y piedras preciosas

3.9.1 Carbonato
Aparte de las calizas dentro de la Fm. Napo (Tschopp, 1953, Baldock, 1982) en el Río Cofanes existen bloques de mármol y travertino (Apéndice 1b, Mapa 2).

3.9.2 Granate
El granate es un mineral relativamente común en la Cordillera Real en donde algunas veces es referido como rubí. Las ocurrencias son probablemente de interés mineralógico en vez de interés económico.

(a) El granate está disperso en varios campos de skarn al norte del Río Pastaza en donde pueden formar bandas de hasta 20 cm de espesor de alta pureza (Litherland et al., 1990).

(b) Granates euhedrales de (2-3 cm) están presentes en bloques rodados en el Río Collanes, un tributario de la orilla norte del Río Palora (Mapa 6).

(c) Granates rojos de 5 mm de alta pureza, que fueron observados en Puerto Libre, han sido recogidos de la Q. Culebrillas cerca de La Bonita (Apéndice 1c, Mapa 2).

3.9.3 Piedra ornamental
Bloques atractivos rojo pálido de sienita y de monzonita gris ocurren en el Río La Chispa, un tributario de la orilla occidental del Río Chingual (Mapa 2).

3.9.4 Fosfato
Vera (1980) reportó la presencia de fosforita uranífera dentro de la Fm. Napo en el Río Chingual (Mapa 2). Esta banda es de un ancho de 30 cm y es de muy poco interés económico. Una síntesis regional de fosfatos en la Fm. Napo está dada por Boujo et al. (1984) y Wilkinson (1982).

3.9.5 Sílice
Cuarcitas puras de la Fm. Hollín afloran a lo largo de la orilla norte del Río Chuchumbleza (Apéndice 1e, Mapa 4).

3.9.6 Turmalina
La turmalina negra es relativamente común en la cordillera donde está frecuentemente asociada con la subdivisión Tres Lagunas.

(a) Cristales pequeños de turmalina (generalmente 1 cm) están presentes hacia la margen oriental del batolito Tres Lagunas donde están asociadas con zonas de caolinización (Mapa 3, travesía Oñacapa-Yacuambí).

(b) Cristales de turmalina de 2-3 cm ocurren en los bloques rodados de los gneises graníticos en el Río Cristal, un tributario en la orilla sur del Río Palora (Mapas 6 y 9).

(c) Al este de San Gabriel en el área del Río Minas y al este de Monte Olivo (Mapas 1 y 8) los cristales de turmalina de hasta 3 cm de longitud están asociados con la faja pegmatítica de la subdivisión Tres Lagunas.

4. REFERENCIAS

ALY S. (1980) Petrologische Untersuchungen plutonischer Gesteine von Ecuador. PhD Thesis, Univ. Tübingen, (Unpubl).

ASPDEN J. A., McCOURT W. J. and BROOK M. (1987) Geometrical control of subduction-related magmatism: the Mesozoic and Cenozoic plutonic history of Western Colombia. J. Geol. Soc. Lond., Vol. 144, pp. 893-905.

ASPDEN J. A., LITHERLAND M., DUQUE P., SALAZAR E., BERMÚDEZ R y VITERI F. (En prensa) Un nuevo cinturón ofiolítico en la Cordillera Real, Ecuador, y su posible significado regional. Politécnica, Vol. XI, No. 2, pp. 81-93, Quito.

ASPDEN J. A., LITHERLAND M. y SALAZAR E. (1988) Historia colisional del centro y sur del Ecuador y posibles controles para la geología cenozoica y de mineralización polimetálica. Politécnica, Vol. XIII, No. 3, pp. 49-75, Quito.

BALDOCK J. W. (1982) Geología del Ecuador. Boletín de la explicación del Mapa geológico de la República del Ecuador 1:1.000.000. Dir. Gen. Geol. y Minas. Quito.

BERTHÉ D., CHOUKROUNE P. and JEGOUZO P. (1979) Orthogneiss, mylonite and non-coaxial deformation of granites, the example of the South Armorican Shear Zone. J. Struct. Geol., Vol. 4, pp. 31-42.

BOUJO A. et al. (1984) Proyecto Fosfatos. Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito (no publicado).

BRISTOW C. R. (1973) Guide to the geology of the Cuenca basin, Southern Ecuador. Quito: Ecuadorian Geological and Geophysical Society.

BRISTOW C. R., LONGO R. y GUEVARA S. (1975) Mapa geológico de Cañar (Hoja 72) (1:100000). Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito.

BRISTOW C. R. and HOFFSTETTER R. (1977) Lexique stratigraphique International (2nd Ed.) (Paris: Centre National de la Recherche Scientifique).

BRISTOW C. R. y GUEVARA, S. (1980) Mapa geológico de Azogues (Hoja 73) (1:100000). Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito.

BUTLER R. W. H. (1983) The terminology of structures in thrust belts. J. Struct. Geol., Vol. 4, pp. 239-245.

CHAPPELL B. W. and WHITE A. J. R. (1974) Two contrasting granite types. Pacific Geology, Vol. 8, pp. 239-245.

EVERNDEN J. (1961) Edades absolutas de algunas rocas ígneas en Bolivia. Noticiero Soc. Geol. Boliviana, 2-3; La Paz.

FEININGER T. (1975) Origin of petroleum in the Oriente of Ecuador. Bull. Am. Assoc. Pet. Geol., Vol 59, pp. 1166-1175.

FEININGER T. (1982) The metamorphic “basement” of Ecuador. Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 93, 87-92.

HALL M. and CALLE J. (1982) Geochronological control for the main tectonic-magmatic events of Ecuador. Earth Sci. Rev., Vol 18, 215-239.

HERBERT H. J. (1977) Die Grünschiefer der Öst-Kordillere Ecuador und ihr metamorpher Rahmen. PhD Thesis, Univ. Tübingen, Eberhard-Karls-Universität, (Unpubl).

HERBERT H. J. and PICHLER H. (1983) K-Ar ages of rocks from the eastern Cordillera of Ecuador. Z. dt. geol. Ges. Vol. 134, 483-493.

HUTCHINSON C. S. (1983) Economic deposits and their tectonic setting. MacMillan, London.

INEMIN (1986) Informe de prospección del coluvial aurífero de Ortega Alto, Yacuambí-Zamora Chinchipe. INEMIN, Quito octubre 1986 (No publicado).

KENNERLEY, J.B. (1980) Outline of the geology of Ecuador. Overseas Geol. And Miner. Res. Inst. Geol. Sci. UK., No 55, 17 pp.

LASCANO F., MARÍN M. y VERSET Y. (1980) Mapa geológico de Macas (Hoja 90) (1:100000) INEMIN, Quito.

LISTER G. S. and SNOKE A. W. (1984) S-C Mylonites J. Struct. Geol., Vol. 6, pp. 617-638.

LITHERLAND M. (1987) Cordillera Real Geological Research Project: First Annual Report, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

LITHERLAND M. (1988) Cordillera Real Geological Research Project: Second Annual Report, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

LITHERLAND M. (1989) Cordillera Real Geological Research Project: Third Annual Report, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

LITHERLAND M., ASPDEN J. A., BERMÚDEZ R., VITERI F. and POZO M. (1990) Cordillera Real Geological Research Project: Summary Report 1986-1990, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

MORTIMER, C., MALO, G. y SALAZAR E. (1980) Mapa geológico de Baños (Hoja 88) (1:100000). Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito.

SOSA H. y LONGO R. A. (1975) Mapa geológico de Alausí (Hoja 71) (1:100000). Dir. Gen. Geol. y Minas, Quito.

ROBERTS T. R. (1975) Characoid fish teeth from Miocene deposits in the Cuenca Basin, Ecuador. J. Zool. Lond., Vol. 175, pp. 265-271.

TSCHOPP, H.J. (1953) Oil exploration in the Oriente of Ecuador. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., Vol. 37, No 10, pp. 2303-2347.

VERA R. (1980) La fosforita uranífera, Río Chingual, Chingual, Provincia de Napo. Politécnica, Vol. 2, pp. 47-55, Quito.

WILKINSON, A. F. (1982) Exploration for phosphate in Ecuador. Trans. Inst. Min. Metal., B, Vol. 91, pp. 130-145.

APÉNDICE 1

Informes de comisión de la Cordillera Real de norte a sur

(1a – 1g)

ÍNDICE



No. 8216

APÉNDICE 1a

QUITO, SEPTIEMBRE 14, 1989

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : DR. MARTIN LITHERLAND – PROYECTO CORDILLERA REAL

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión efectuada en la Cordillera Real, en las zonas de los ríos Yanayacu, Patate, Pastaza y Quijos, del 30 de agosto al 06 de septiembre de 1989.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El proyecto geológico de colaboración técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real, tendiente a establecer un modelo de los procesos de su formación; así también su relación con los ambientes que gobiernan un posible potencial minero, para futuros trabajos locales concernientes al Instituto Ecuatoriano de Minería.

1.2. Objetivo

La comisión motivo del presente informe fue efectuada del 30 de agosto al 06 de septiembre. Esta comisión fue planificada para investigar nuevos sitios de interés geológico-minero y rechequear zonas estudiadas por el Proyecto en 1986, para con los datos obtenidos hacer una comparación con otros sectores de la Cordillera Real.

1.3. Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo encabezada por el Dr. Martin Litherland, acompañado por el Sr. Manuel Célleri como asistente de campo y chofer.

1.4 Medio de transporte

Jeep Land Rover placa AT – 0274 de la Misión Británica.

1.5. Detalle de actividades
La recopilación de información geológica se realizó mediante el siguiente detalle de actividades:

Agosto
30 Quito – zona de San José de Poaló (Río Yanayacu) – Baños.
31 Baños – Agoyán – Río Blanco (Río Pastaza).

Septiembre
01 Río Blanco – Río Topo (Río Pastaza).
02 Río Blanco de Patate.
03 Río Verde de Pastaza.
04 Baños – Río Papallacta – Río Quijos – Baeza.
05 Baeza – Río Quijos – Reventador – El Chaco
06 El Chaco – Quito.

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción
Los datos geológicos obtenidos están descritos bajo la división litotectónica apropiada, siguiendo el Tercer Informe Anual del Proyecto Cordillera Real (Litherland, 1989).

2.2 División Guamote
Por el lado occidental del Río Yanayacu (7847-78807) al frente de la planta hidroeléctrica de Pisayambo, cerca de la población de San José de Poaló, hay un afloramiento de ortocuarcitas del basamento metamórfico. Este gran afloramiento forma una peña bajo de los volcánicos terciarios y se extiende aproximadamente 200 m del río hacia el noroccidente, no aparece en los mapas anteriores (Kennerley, 1971; Guzmán, 1986). Los afloramientos comprenden ortocuarcita de grano fino a medio y de color rosado, gris claro, gris oscuro y negro. Hay también esquisto de cuarzo y bandas de filita pálida; microbrechas sedimentarias de hojas de lutita negra.

Por las litologías y la posición geográfica las rocas de este afloramiento están correlacionadas con la división Guamote lo que aflora cerca de Punín y más al sur.

2.3 Divisiones Peltetec y Maguazo
En la misma zona de San José de Poaló, por un camino 800 m al sur y al sureste del afloramiento de la división Guamote, existe un afloramiento notado por Kennerley (1971) de filitas verdes, metatobas ácidas, filitas negras y turbiditas cuarzosas finas bandeadas. Esta secuencia de litología pertenece a la división Maguazo.



En el Río Blanco de Patate (Hoja La Joya) aguas arriba desde un punto (7806-98588) al este de Poaló hay afloramientos de metabasaltos y rocas ultramáficas, metatobas y filitas púrpuras y negras, turbiditas finas y areniscas calcáreas oscuras. Esta secuencia comprende a la División Peltetec siguiendo al este por rocas de la división Maguazo.

Así se ubican dos nuevos afloramientos de las divisiones Peltetec (ofiolítica) y Maguazo (ante-arco) más al norte de los previamente conocidos, Alao-Penipe (Litherland, 1988).

2.4 División Tres Lagunas

Al este del frente Baños, en la mayor parte de la Cordillera Real, ocurren afloramientos del granito Tres Lagunas, sin embargo, esta litología no fue observada en la carretera al este de Baños (Litherland, 1987).

Por la carretera entre el puente sobre el Río Pastaza, cerca de la Presa de Agoyán, hasta la Cascada de Agoyán, no hay afloramientos por una distancia de un kilómetro y medio. En esta comisión seguimos el camino al sur del Río Pastaza donde aflora mayormente ortogneis metagranítico, en algunos lugares con aspecto de granito tipo Tres Lagunas (cuarzo azul). El ortogneis cambia su aspecto milonítico, foliado a sin mayor deformación por la travesía. Hay diques anfibolíticos que penetran el granito, lo que se puede observar en mejor forma en los grandes rodados en el Río Pastaza seco. Los diques tienen márgenes foliados paralelos a la fábrica tectónica en el ortogneis indicando una edad sin-o pre-tectónica. También hay xenolitos de paragneis. Hay concentración pegmatítica de cuarzo y hornblenda por el contacto de los diques. Se supone que el dique que cruza la Cascada de Agoyán es de esta clase.

Las otras litologías de la división “Tres Lagunas” comprenden paragneises y esquistos con granate y moscovita (± cloritoide) y metapsamitas granatíferas.

2.5 División Azafrán

Después de los estudios del Proyecto, la fase plutónica Azafrán se extiende por la mayor parte en el norte de la Cordillera Real. La sección tipo por la cantera de Azafrán indica una monzonita de cuarzo en estado sin deformación hasta milonítico. Entre el Río Blanco y el Río Verde, la presente revisión indica a la mayor parte como fase metadiorítica intercalada tectónicamente con esquisto de moscovita, granate y cloritoide.

2.6 El Skarn Llanganates

Un gran campo nuevo de roca epidótica-magnetítica probablemente relacionado al skarn Llanganates fue visitado al oeste del Río Verde, en el cerro entre el Río Verde y el Río San Jorge sobre los 2100 m de altura (Hoja Río Verde, 8020-98465). Parece que la foliación tectónica es subhorizontal, como en los otros casos del skarn Llanganates (Litherland, 1989, aunque no vimos afloramientos 100% seguros. Es muy difícil utilizar las fotografías aéreas para determinar la extensión de esta unidad.

Las rocas son de grano fino o fino a medio, ricas en epidota. Son masivas y sin foliación tectónica penetrativa. Algunas son ricas en magnetita. Abajo hay esquistos y metadioritas con foliación tectónica subvertical.

2.7 La faja Subandina

Estudios de la zona subandina por la carretera Baeza – Río Salado indican que hay una transición de 100-200 m de espesor entre las Formaciones Hollín y Napo, una transición de ortocuarcitas/areniscas intercaladas con lutitas negras y volcánicas.

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

(a) Oro fue bateado en el Río Verde de Pastaza y en el Río Topo.
(b) Algunas muestras del nuevo campo de skarn del Río Verde indican una fuerte presencia de magnetita.
(c) Fueron ubicados afloramientos ofiolíticos con posible potencial de metales preciosos.
(d) Fue ubicado otro campo tipo skarn, lo cual representa una zona de potencial mineral.

4. REFERENCIAS

GUZMÁN J. (1986) Hoja Geológica de San José de Poaló, escala 1:100000, Instituto Ecuatoriano de Minería (INEMIN).

KENNERLEY J. B. (1971) Geology of the Llanganates area, Ecuador, Rep. Inst. Geol. Sci., London, No. 01.

LITHERLAND M. (1987) Proyecto Geológico Cordillera Real, Primer Informe Anual, INEMIN-Misión Británica.

LITHERLAND M. (1988) Proyecto Geológico Cordillera Real, Segundo Informe Anual, INEMIN-Misión Británica.

LITHERLAND M. (1989) Proyecto Geológico Cordillera Real, Tercer Informe Anual, INEMIN-Misión Británica.

Dr. Martin Litherland

JEFE DE LA MISIÓN BRITÁNICA

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 10296

APÉNDICE 1b

QUITO, DICIEMBRE 13, 1989

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : DR. MARTIN LITHERLAND

ASUNTO : Informe Técnico de los trabajos geológicos por el corte Monte Olivo-Río Condué y por la zona del Río Minas, Provincias de Carchi y Napo del 09 al 27 de octubre.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Geológico de Colaboración Técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real, tendiente a establecer un modelo de los procesos de su formación; así también, su relación con los ambientes que gobiernan un posible potencial minero, para futuros trabajos locales concernientes al Instituto Ecuatoriano de Minería.

1.2 Objetivo

La comisión motivo del presente informe fue efectuada en los días 09 al 27 de octubre de 1989. El objetivo fue estudiar las rocas metamórficas por San Gabriel-Río Minas y efectuar un corte de Monte Olivo a La Sofía por el Río Condué.

Debido a las dificultades de acceso y lento progreso por el Río Condué no fue posible continuar hasta La Sofía.

1.3 Personal asignado

Dr. Martin Litherland (ODA/BGS)
Sr. Manuel Célleri (INEMIN)
Sr. Mario Núñez (INEMIN)

1.4 Transporte

Jeep Land Rover placa AT-0240 de la Misión Británica

1.5 Detalle de actividades

Octubre	
09	Quito – Ibarra
10-15	Estudios por San Gabriel-Río Minas, busca de peones por Monte Olivo, compras
16-26	Ibarra – Monte Olivo – Río Condué – Ibarra
27	Ibarra – Quito

1.6 Geografía y vegetación

Por el corte de Monte Olivo-Río Condué hay que subir de Monte Olivo (2400 msnm) por los páramos de la Cordillera de Maynas (3700 m) bajando por los bosques montañosos por el Río San Jorge hasta el Río Condué (2500 m).

1.7 Acceso

Por el sector de San Gabriel – Río Minas hay abundancia de caminos transitables. Por el corte Monte Olivo – Río Condué hay acceso de Jeep sólo hasta Monte Olivo, luego existe una trocha de mulas la cual llega hasta el páramo. Bajando el Río San Jorge hay una pica vieja la cual se desaparece por el Río Condué.

1.8 Metodología de trabajo

La metodología se indica en Litherland (1987). Fueron recolectadas:

Muestras de minerales pesados	10
Muestras fluviales	3
Muestras petrográficas	37

1.9 Trabajos previos

La zona de San Gabriel-Río Minas (Chamizo Grande) fue estudiada en la compilación de la Hoja geológica San Gabriel (Salazar et al., 1986), pero el corte de Monte Olivo-Río Condué no fue cumplido en este estudio.

Las rocas metamórficas accesibles de la Hoja San Gabriel también fueron estudiadas por Litherland y Bermúdez (1987), lo cual fue incluido en el Primer Informe Anual del Proyecto Cordillera Real (Litherland, 1987).

Al sur, la Hoja geológica de Mariano Acosta fue recopilada por Santamaría y Sierra (1988).

2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción
Como la geología del basamento se presenta en fajas discretas de rumbo aprox. NE, será conveniente una descripción de las unidades por el sentido oeste al este.

2.2 El basamento al oeste de Monte Olivo
Éste comprende afloramientos de la granodiorita de Pimampiro, metapsamitas, anfibolitas y esquistos pelíticos (Mapa 2) (Litherland y Bermúdez, 1987), los cuales caen dentro de la faja Central del Complejo Metamórfico de la Cordillera Real (Litherland, 1987).

2.3 Esquistos y paragneises de Monte Olivo
Esta faja de esquisto pelítico seguida al este por gneises semipelíticos puede trazarse desde Monte Olivo (Mapa 2) hasta el sector del Río Minas (Chamizo Grande) (Mapa 1) y más al norte hasta El Playón (Litherland y Bermúdez, 1987).

La faja de esquisto está esencialmente compuesta por esquisto pelítico moscovítico ± granate, con zonas o bandas de esquisto grafítico y con bandas de ortocuarcita de grano fino a medio. Los granates pueden llegar a un tamaño de 2 cm.

El contacto con la faja de paragneis al este es transicional y representa una secuencia más psamítica. Este contacto está indicado al este de Monte Olivo, subiendo la trocha, y al este del Río Minas, subiendo la Quebrada Juan Ibarra. El paragneis está marcado por la presencia de moscovita, granate y un componente cuarzo-feldespático de grano medio a grueso. Bloques rodados indican un componente fuerte de una semipelita compuesta por intercalaciones de ortocuarcita y esquisto en escala de 1-5 cm.

También hay zonas de esquisto pelítico y ortocuarcita. Las anfibolitas son raras, pero hay afloramientos pequeños con rocas verdes, los cuales indican intrusiones sintectónicas. Los esquistos y paragneises tienen una fuerte esquistosidad tectónica.

2.4 La zona "pegmatítica" de Monte Olivo
El potencial mineral de esta zona merece su descripción bajo la sección 3.3 (Potencial mineral).

2.5 Granodiorita Maynas
Esta unidad aflora por los páramos de la Cordillera Maynas. La litología es uniforme y comprende (meta)granodiorita de grano medio con megacristales de biotita hasta de 2 cm de largo; la alineación de los cuales identifica una foliación tectónica en la roca para formar un ortogneis: lo más deformada la roca, lo más fuerte es la foliación biotítica. Xenolitos máficos han sido notados.



Litologías menores vistas en bloques rodados son: metadiorita, vetas pegmatíticas no deformadas hasta 10 cm de ancho con cristales de hornblenda de hasta 5 cm, y hornblendita vista en rodados pequeños.

La granodiorita Maynas es idéntica, hasta la zona de pegmatita hornbléndica, a los metaplutones Chingual y Sacha (Litherland y Bermúdez, 1987) los cuales afloran por el camino El Playón-La Bonita, y con ellas probablemente forma un solo cuerpo metaintrusivo. La edad provisional por Rb-Sr del plutón Chingual es alrededor de 156 Ma (Litherland, 1988).

2.6 El granito Condué

Este cuerpo plutónico aflora abajo en el Río San Jorge y por el Río Condué hasta la terminación del corte.
La litología típica es un granito alcalino de color rosado y de grano grueso hasta muy grueso, con feldespato-K prominente y sin deformación. Sólo hay un diaclasamiento fuerte de rumbo 70°. La roca es leucocrática con un desarrollo débil de biotita y hay fases aplíticas y pegmatitas sin biotita, en las cuales el cuarzo puede alcanzar 1.5 cm de tamaño. Los xenolitos están ausentes. Algunos bloques en el Río Condué muestran un granito de grano medio-grueso con megacristales de feldespato-K hasta 5 cm de largo.

Por la unión de los Ríos Condué y San Jorge hay afloramientos de un granito pálido de grano medio con un poco más de biotita, lo cual está mezclado en unos sitios con el tipo rosado dominante y puede representar una fase temprana del intrusivo.

El granito de Condué puede ser correlacionado con el granito El Gato de Santamaría y Sierra (1988) en la Hoja Mariano Acosta.

2.7 Intrusiones menores

En algunos afloramientos el granito Condué está cortado por intrusiones irregulares de pórfido, o diques de riolita de hasta 3 m de ancho. El diaclasamiento fuerte corta el granito y los intrusivos menores. Al oeste hay también intrusivos ácidos menores que cortan los paragneises de Monte Olivo.

Así es posible que los intrusivos ácidos menores se relacionen a la fase final del granito Condué.

2.8 Serpentinitas

Un día fue ocupado en busca de bloques rodados de serpentinita por la zona del Valle de Chota-Ambuquí, pero los resultados fueron negativos. Parece que la ofiolita Peltetec no sigue por este sector.

También fuimos a San Gabriel para investigar la información de que hay una industria pequeña de tallado utilizando serpentinita. Al fin descubrimos un bloque rodado de serpentinita verde en un taller, pero no encontramos su ubicación del campo. No hay bloques de serpentinita en el Río Minas y si la fuente es en Ecuador cerca de San Gabriel puede ser una “ventana” de basamento.

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

3.1 Ocurrencias de minerales metálicos

3.1.1 Oro

El Mapa 1 indica que el oro fue bateado en las tres estaciones de muestreo. En el Río Minas había 12 chispas en el bateo, algunas hasta de 1 mm. En la Quebrada Juan Ibarra había cuatro chispas y, una en la Quebrada Mueses. Cabe notar que es casi seguro que el oro en las dos quebradas viene del basamento metamórfico y posiblemente está asociado con la faja "pegmatítica". El oro en el Río Minas también puede venir del basamento metamórfico.

3.1.2 Cobre

Hay las siguientes indicaciones de mineralización de cobre:

(a) Una ocurrencia por una nueva excavación del lado norte del camino, 100 m hasta llegar al puente del Río El Carmen yéndose al este por Monte Olivo. En una zona milonítica de 10 cm de ancho, la cual también tiene abundante calcita, hay superficies ricas en crisocola verde. Las litologías alrededor son esquistos pelíticos y grafíticos, y anfibolitas.

(b) Al este de Monte Olivo arriba en el Río San Miguel hay pequeños rodados de veta de cuarzo con vetillas de pirita-calcopirita-crisocola, los cuales probablemente vienen de la granodiorita Maynas.

(c) En el Río San Jorge hay bloques de la granodiorita Maynas con pequeña mineralización Cu por vetas de cuarzo a lo largo de planos de diaclasa.

(d) Un rodado raro de ortogneis moscovítico granitoide de grano medio a grueso en el Río Condué contiene puntas pequeñas de sulfuros y mineralización Cu de tamaño de 2 mm elongados por la foliación tectónica.

3.1.3 Hierro

(a) Un rodado en el Río Minas contiene lentes/elipsoides tectónicos de magnetita de hasta 1 cm de largo en una matriz cuarzo-feldespática de grano medio. La magnetita podría ser de origen nodular, pero lo más probable es que sea un boudinage tectónico. La roca tiene alrededor de 15% de magnetita.

(b) En el Río Condué pequeñas diseminaciones de magnetita ocurren dentro de una segregación pegmatítica de 5 cm de ancho dentro de un rodado del granito Condué.

3.1.4 Titanio

Megacristales de rutilo (TiO_2) (confirmados por análisis de DRX) ocurren aislados dentro de un paragneis de grano medio cerca de Monte Olivo (Mapa 2). Los cristales miden hasta 4×3×2 cm y son de color rojo y translúcidos con una dureza de alrededor de 6 y un buen clivaje. Los cristales están asociados con pequeñas bolsas pegmatíticas ¿feldespáticas? y las ocurrencias caen dentro de la faja “pegmatítica” de Monte Olivo. Esta ocurrencia de megacristales de rutilo es interesante desde el punto de vista de coleccionistas, pero no en el sentido de yacimientos de titanio.

3.2 Ocurrencias de minerales no-metálicos

3.2.1 Mica

Se encuentran “libros” de moscovita hasta el tamaño de 5 cm en las “pegmatitas” por la zona del Río Minas (Mapa 1) y hasta 3 cm en las “pegmatitas” al este de Monte Olivo.

3.2.2 Piedra Ornamental

El granito Condué tiene una fase con megacristales de feldespato-K hasta de 5 cm de largo dentro de una matriz de grano grueso.

3.2.3 Turmalina

Este mineral es común por la faja “pegmatítica” por los sectores del Río Minas (Mapa 1) y Monte Olivo (Mapa 2) donde los cristales alcanzan tamaños de 3 cm de largo. Sin embargo, la turmalina es de tipo chorlo y parece que no hay un potencial para la industria de gemas semipreciosas.

3.2.4 Zoisita

Se encontró cristales elongados de zoisita (confirmados por análisis de DRX) verde semitranslúcida de hasta 4 cm de largo dentro de vetas de cuarzo, en la faja “pegmatítica” cerca al Monte Olivo (Mapa 2). Son de interés de coleccionistas.

3.3 Potencial Mineral

3.3.1 La zona pegmatítica de Monte Olivo

Subiendo la trocha al este de Monte Olivo (Mapa 2) por la zona de transición esquisto/paragneis, se encuentra la presencia de turmalina y megacristales de moscovita, zoisita y rutilo en esquistos/paragneises tipo “pegmatizados”.

Subiendo al este del Río Minas (Chamizo Grande) (Mapa 1) se encuentran bloques rodados de pegmatita los cuales vienen del mismo sector de transición esquisto/paragneis. La pegmatita muestra grandes cristales de feldespato-K ahumado los cuales alcanzan hasta 10 cm, pero por la mayor parte son destruidos por una textura secundaria de cuarzo/feldespato blanco de tamaño de grano reducido, hasta que algunas muestras parecen como aplitas. Algunas texturas parecen como greisen.




Las pegmatitas/aplitas llevan turmalina, hojas grandes de moscovita y en algunos ejemplos cristales pequeños de granate. Algunos bloques tienen una foliación tectónica y se pueden relacionar a un evento sin/post-tectónico.

Se puede proponer una faja pegmatítica desde Monte Olivo hasta el Río Minas correspondiendo a la zona de transición esquisto/paragneis por una distancia de 20 km, apoyado por la presencia de rodados de pegmatita en el Río El Carmen el cual viene del norte de Monte Olivo.

También hay bloques de pegmatita por el puente del Río Blanco de Sigsigpamba los cuales pueden indicar una extensión de la faja pegmatítica por otros 10 km más al sur, mientras que la existencia de bloques de pegmatita en el Río Minas (Mapa 1) indica una probable extensión de la faja más al norte.

Así la faja pegmatítica Monte Olivo es una zona regional relacionada posiblemente a niveles altos del cinturón del granito Tres Lagunas, lo cual, al sur en la Cordillera Real puede llevar turmalina y trazas de mineralización Sn-W (Litherland, 1988).

El potencial mineral de la faja pegmatítica Monte Olivo es todavía desconocida por falta de estudios. Cabe notar la presencia de turmalina, mica y granate, y los minerales zoisita y rutilo, y la posibilidad de que la zona sea una fuente de oro. Sin embargo, ninguna muestra de la zona tiene radioactividad anómala por escintilómetro y no hay informes de mineralización por una zona relativamente accesible.

3.3.2 Conclusiones

Aparte de un potencial mineral relacionado a la faja pegmatítica Monte Olivo, y una fuente de oro aluvial del Río Minas, parece que los sectores más al este son estériles. La granodiorita Maynas y el granito Condué sólo muestran mineralización Cu y Fe de pequeña escala.

4. REFERENCIAS

LITHERLAND M. (1987) Cordillera Real Geological Research Project: First Annual Report, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

LITHERLAND M. (1988) Cordillera Real Geological Research Project: Second Annual Report, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

LITHERLAND M. y BERMÚDEZ R. (1987) Informe Técnico Ibarra-Tulcán. INEMIN, No. 0265, no publicado.

SALAZAR E., CILIO E. y DÍAZ L. (1986) Mapa geológico de la Hoja San Gabriel (1:100000). INEMIN.

SANTAMARÍA W. y SIERRA J. (1988) Breve explicación de la Geología de la Hoja Mariano Acosta (1:100000). INEMIN.

Dr. Martin Litherland
JEFE DE LA MISIÓN BRITÁNICA
cc. Misiones Internacionales

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 01270

APÉNDICE 1c

QUITO, MARZO 06, 1990

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	DR. MARTIN LITHERLAND
ASUNTO	:	Informe Técnico de los trabajos geológicos por la zona La Bonita, La Sofía y Puerto Libre, Provincia de Sucumbíos del 09 de enero al 02 de febrero de 1990.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto Geológico de Colaboración Técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real, tendiente a establecer un modelo de los procesos de su formación; así también, su relación con los ambientes que gobiernan un posible potencial minero, para futuros trabajos locales concernientes al Instituto Ecuatoriano de Minería.

1.2 Objetivo

La comisión motivo del presente informe se efectuó del 09 de enero al 02 de febrero de 1990. El objetivo fue estudiar las rocas metamórficas y plutónicas de los sectores de La Bonita-La Sofía-Río Cofanes y La Bonita-Puerto Libre.

Esta comisión cumplió con los objetivos programados.

1.3 Personal asignado

Dr. Martin Litherland (ODA/BGS)
Sr. Laureano Saltos (INEMIN)
Sr. Mario Núñez (INEMIN)

1.4 Transporte

Jeep Land Rover placa AT-0274 de la Misión Británica.



1.5 Detalle de actividades

Enero	
09	Quito (compras) – El Higuerón
10	Contrato de jornaleros en La Bonita
11-22	Estudios metamórficos en La Bonita, Valle Negro, La Sofía, Ríos: Cofanes, Laurel, Condué, San Jorge.
23	La Sofía – La Bonita
24-30	La Bonita – Puerto Libre
31-2 Feb.	Puerto Libre – Lago Agrio – Quito

1.6 Acceso
El camino nuevo El Carmelo – La Bonita ya ha llegado por el Higuerón, y el camino piloto llegó a La Bonita, durante la comisión. Hay camino de trocha entre La Bonita – La Sofía y La Bonita – Puerto Libre. Hay tarabitas para cruzar los ríos Cofanes y Laurel (cerca de La Sofía) y el Chingual (cerca de la Quebrada El Recodo). Más abajo, en el Cofanes utilizamos un bote de plástico para cruzar el río.

1.7 Metodología de trabajo
La metodología se indica en Litherland (1987). Fueron recolectadas:

Muestras de minerales pesados	15
Muestras fluviales	15
Muestras petrográficas	48

1.8 Trabajos previos
La mayor parte de la zona de estudio pertenece a la Hoja geológica San Gabriel (Salazar et al., 1986). Al norte de La Bonita también fue objeto de estudio por Litherland y Bermúdez (1987). El sector del Río San Jorge consta en la Hoja Mariano Acosta (Santamaría y Sierra, 1988). Un estudio de reconocimiento de los Ríos Cofanes y Chingual fue llevado a cabo por Moreno y Viteri (1979), Vera (1980) hizo un estudio de la ocurrencia de fosforita uranífera en el Río Chingual.



2. GEOLOGÍA

2.1 Rocas sedimentarias y metasedimentarias

2.1.1 Paragneis

Se encuentra paragneis de grano fino a medio con biotita y moscovita en forma de rodados que provienen del NW de la zona milonítica de la falla Cofanes.

2.2.2 "Chert"

Al norte de Rosa Florida, al oeste de la falla Rosa Florida se encuentran afloramientos de "chert" con pizarras negras y con poca deformación y alteración. La roca muestra laminaciones de estratificación "chert" (pálido), pizarra (negra) y sulfuros.

La misma Formación sigue por el SW como es evidente en forma de rodados en el Río Palmar y las quebradas Industria y Las Juntas. Estos rodados demuestran rocas silíceas finas interlaminadas de colores rosado, pálido, verde pálido y negro, con alteraciones feldespáticas, en lugares de feldespato rosado (adularia?).

Las mismas litologías se encuentran también como bloques rodados por el sector de La Sofía, en los Ríos Cofanes y Laurel y la Quebrada Chisparosa, indicando la repetición de la Formación más al oeste (probablemente por medio de imbricación tectónica). En estos rodados el chert también es alterado por epidotización y feldespatización y bandas calcáreas y otros ricos en ¿granate?.

El "chert" es un horizonte de guía por el sector. Los afloramientos norte de Rosa Florida parecen ser de origen sedimentario, pero, por los otros sectores es posible un protolito volcánico silíceo.

2.1.3 Mármol

Hay bloques de mármol gris de grano medio en el Río Cofanes.

2.1.4 Formaciones cretácicas

Las calizas y pizarras negras de la Formación Napo y las areniscas y lutitas rojas de la Formación Tena afloran en el sur. Nódulos septarianos ocurren en la Formación Napo.

2.2 Rocas granitoides y metagranitoides

2.2.1 Plutón La Bonita

El pueblo de la Bonita se encuentra sobre un cuerpo plutónico granodiorítico-tonalítico biotítico con o sin hornblenda. Por la mayor parte la roca es foliada tectónicamente con minerales orientados y por las cercanías de las fallas La Bonita y Cofanes se encuentra un gneis milonítico con catacristales de tipo "ojos". No se conoce su extensión en el sur.

Se ha interpretado otro cuerpo de composición semejante por el sector de Valle Negro (La Bonita-La Sofía). Se supone una repetición del plutón La Bonita por imbricación tectónica.



La roca dominante es la granodiorita-tonalita, pero hay litotipos menores como diorita, gabro y hornblendita los cuales se encuentran como bloques rodados. En secciones y rodados al sur de la Quebrada Resbalosa se nota fases dioríticas convertidas a anfibolita por cizallamiento. Por el mismo sector se nota la abundancia de xenolitos máficos, los más frescos son de pórfido andesítico (*greenstone*). Hay también evidencia de diques máficos.

El plutón La Bonita es semejante en aspectos litotectónicos al plutón Chingual más al norte (Litherland y Bermúdez, 1987) el cual fue datado por Rb-Sr a 156 ± 21 (en Litherland, 1988).

2.2.2 El plutón Condué

Un granito alcalino (monzogranito biotítico), rosado a gris, sin foliación tectónica, fue ubicado por el Río Condué aguas arriba (Litherland, 1989). En la comisión presente, el Río Condué fue visitado en su confluencia con el Río Cofanes. Allí hay afloramientos de un granito semejante, que también domina las litologías de bloques rodados. Así el granito Condué está interpretado por todo el Río Condué.

El plutón también aflora al oeste de la falla La Sofía en el Río Laurel, y en el Río Cofanes aguas arriba de la confluencia del Río Condué. También hay rodados del granito en estos ríos y en las quebradas Pilares y San Jorge más al sur, indicando la gran extensión del plutón.

Por la zona de La Sofía los afloramientos y rodados del granito son de color gris a blanco y de tamaño de grano medio a grueso. Los xenolitos están ausentes con excepción de algunos bloques en el Río Cofanes con xenolitos ricos en biotita fina, parcialmente asimilada. Hay también intrusivos menores félsicos o de pórfido hasta de 2 m de espesor.

Rodados en la Quebrada Pilares indican un granito gris con pequeños xenolitos biotíticos, un granito rosado grueso con tabletas de feldespato-K, y un granito de grano medio con estructuras agmatíticas de xenolitos volcánicos y rocas verdes andesíticas, las dos litologías esencialmente no deformadas.

2.2.3 El plutón Rosa Florida

Éste se ubica por el sector de Rosa Florida y por el sur hasta el Río La Chispa. Las litologías son dominadas por un alto porcentaje de feldespato, sea de litotipo plutónico o subvolcánico, y con poco contenido de cuarzo libre (estimado entre 0% y 15% con la lupa). Las rocas ígneas tienen texturas granulares y sin foliación ígnea o tectónica. Del norte (Rosa Florida) hasta el sur (Río La Chispa) las litologías ígneas van disminuyendo en tamaño de grano desde rocas plutónicas de grano grueso hasta rocas de grano medio mezcladas con pórfidos y aglomerados. Al sur del Río La Chispa dominan las rocas de grano medio a fino, con aglomerados y están denominadas como volcánicos "Misahuallí" en el mapa, pero en realidad en el campo se da cuenta de una sola entidad subiendo de norte a sur de los niveles plutónicos a subvolcánicos hasta niveles volcánicos.

En el norte las rocas plutónicas de grano grueso están dominadas por monzonitas de cuarzo con biotita con o sin hornblenda. Más al sur acercándose al Río La Chispa las dominantes son micromonzonitas y microsienitas. Las sienitas tienen un color rosado fuerte por el alto contenido de feldespato-K.



En los afloramientos de la Quebrada La Industria la monzonita de cuarzo tiene xenolitos de rocas verdes hasta de 5×4 cm con vestigios de epidotización y en la misma quebrada hay rodados de roca de epidota y skarn. En otros afloramientos hay diques de roca verde y es probable que esta fase máfica fuese intruida dentro del magma monzonítico: autobrechamiento.

2.3 Rocas volcánicas y metavolcánicas

2.3.1 Volcánicos "Misahuallí" del Río La Chispa

En el Río La Chispa hay rodados de aglomerados, pórfidos ácidos y areniscas tobáceas indicando un complejo volcánico a niveles altos del plutón Rosa Florida. Estas rocas volcánicas siguen más al sur hasta la falla La Barquilla e incluye también tobas verdes bandeadas y rocas verdes con estructuras orbiculares epidóticas.

En el Río La Chispa los aglomerados demuestran clastos volcánicos y de sienita. La elongación de clastos es por compactación porque los más competentes no están deformados.

Se puede correlacionar estos volcánicos con los volcánicos Misahuallí de edad Jurásica.

2.3.2 Volcánicos con clivaje

Por el camino nuevo al norte de La Bonita, y por parte del camino La Bonita-La Sofía, y por una parte del camino La Bonita-Rosa Florida, hay afloramientos y rodados de rocas volcánicas con foliación tectónica (clivaje).

Por el norte de La Bonita son volcánicos masivos y clivados de color púrpura, verde, pálido y gris con alteración epidótica. Son de grano fino a medio y de composición mayormente ácida. Hay meta-aglomerados pero los metasedimentos están ausentes. En algunos sectores las rocas parecen pórfidos metamorfizados. También hay sectores pequeños de metadiorita. Esta secuencia está también expuesta en el camino La Bonita-Rosa Florida.

Por el camino La Bonita-La Sofía los primeros volcánicos clivados (Río Sucio) son pálidos y alterados a caolín. Por el Río Laurel son de colores verde y rojo.

2.3.3 Volcánicos miloníticos

Estos ocurren por el camino nuevo al norte de La Bonita. Hay una transición entre volcánicos clivados y volcánicos/plutónicos miloníticos, acompañada por el desarrollo de estructuras de "ojos" feldespáticos y el desarrollo de biotita y moscovita fina. Se encuentran estas milonitas por la falla La Sofía, y por el sur de La Bonita por la falla Rosa Florida.

2.4 Rocas máficas y ultramáficas

Se han encontrado bloques rodados de hornblendita y gabro, los cuales probablemente representan fases del plutón La Bonita.

Rodados de serpentinita y anfibolita fueron vistos en el Río Cofanes aguas arriba de la confluencia con el Río Condué.

Un rodado de esquisto ultramáfico tremolítico fue encontrado en la Quebrada Pilares.

2.5 Skarns

Un bloque de skarn de grano fino con epidota y granate fue encontrado en la Quebrada La Industria. La roca se parece a los skarns Llanganates de tipo cálcico-magnetítico, descubiertos más al sur en la cordillera.

2.6 Intrusivos menores tardíos

Por el camino al norte de La Bonita hay una abundancia de diques de pórfido orientados subparalelos a la foliación milonítica. Se nota solo lo más ancho en el mapa.

2.7 Geología estructural

2.7.1 Estructuras pre-cretácicas

Hay una serie de fallas las que afectan las rocas pre-cretácicas y las que están asociadas con estructuras penetrativas regionales, milonitización local, y metamorfismo regional.

Las estructuras fundamentales son las fallas Cofanes, La Bonita y Rosa Florida. La falla Cofanes está marcada por milonitas por el Río Cofanes en el sur y por milonitas al margen de la "falla La Sofía" en el norte. Las milonitas demuestran lineaciones de mineral vertical indicando movimiento relativo vertical por una foliación tectónica con fuerte inclinación hacia el oeste. Sin embargo, por el Río Cofanes las milonitas no tienen rumbo paralelo a la falla, indicando probablemente, una etapa tardía de rejuvenecimiento.

La falla La Bonita también demuestra milonitas con estructuras inclinadas fuertemente al oeste.

La falla Rosa Florida buza a un ángulo más abajo al oeste y divide rocas con foliación tectónica (al oeste) de rocas sin deformación (plutón Rosa Florida) al este. Por eso está considerado como el "frente cratónico" durante el evento tectónico "Jurásico".

Se puede interpretar las fallas como una serie de corrimientos con movimientos hacia el este. Los pliegues menores asociados tienen ejes subhorizontales.

La falla Sofía, la que divide el granito Condué y las rocas metamórficas, también puede ser de edad pre-cretácica. La falla Sofía (rumbo 40°) sigue a la falla Cofanes-Sofía (faja milonítica) por parte de su curso. Las rocas al lado de la falla tienen diaclasas de arrastre con rumbos ca. 350° y 100°; una de las últimas demuestra movimiento sinistral. Este movimiento de diaclasas puede indicar un movimiento dextral por la falla Sofía, (según Moody y Hill, 1956) el mismo sentido que indica el desplazamiento regional de las milonitas.

2.7.2 Estructuras post-cretácicas

Se encuentra evidencia directa por movimientos post-cretácicos en las Formaciones cretácicas. En la zona de la falla La Barquilla un clivaje local subvertical está impuesto en las rocas de la Formación Napo con espejos de fricción indicando movimiento vertical. Se puede interpretar esta estructura como una falla reversa.

Más al sur donde las Formaciones cretácicas son esencialmente subhorizontales y sin clivaje la falla Puerto Libre sobrecorre la Formación Napo arriba de la Formación Tena. Esta falla de sobrecorrimiento tiene un ángulo bajo hasta el oeste (Vera, 1980).

2.8 Historia geológica provisional

(1) La granodiorita La Bonita y el plutón Rosa Florida intruyen sus efusivos volcánicos en tiempos jurásicos.

(2) Tectonismo (¿de colisión?) produjo una serie de corrimientos hacia el este hasta la falla Rosa Florida (límite del cratón) asociada con zonas miloníticas y metamorfismo regional.

(3) Intrusión del granito Condué (¿Jurásico?) lo que corta las milonitas.

(4) Falla Sofía (dextral).

(5) Deposición de las Formaciones cretácicas.

(6) Fallas Puerto Libre, La Barquilla; intrusión de pórfidos menores.

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

3.1 Ocurrencias de minerales metálicos

3.1.1 Oro

Hay lavaderos de oro en el Río Cofanes debajo de La Sofía y en el sector de Puerto Libre, donde el pueblo de alrededor de 30 familias se dedica a la minería, y donde hay operaciones de la compañía minera Arajuno del Ing. Esteban Crespo.

Según el Sr. Narváez de La Sofía, el oro aluvial abajo de La Sofía fue descubierto en 1979 después de un periodo de mal tiempo y derrumbes. En este sector se ha encontrado pepitas de hasta 30 gr. El Sr. Narváez dijo que el oro viene del Río Cofanes arriba de las confluencias con los ríos Condué, Tigre Grande y San Antonio, es decir, de sus cabeceras. De acuerdo a nuestros estudios los cuatro ríos que forman el Río Cofanes arriba de La Sofía tienen oro aluvial. Pero de estos cuatro había más oro en el Río Laurel que en el Cofanes (ver proporción de chispas: bateas en el mapa). También bateamos oro en el Río San Jorge y en el Río Palmar (tributario del Río Chingual).



También bateamos oro de la terraza aluvial de ca. 60 m de espesor lo cual ocupa el valle del Río Cofanes por el sector de La Sofía.

3.1.2 Cobre

Trazas de mineralización Cu han sido notadas en las siguientes localidades:

(a) En el Río Cofanes abajo de La Sofía hay vetillas (10 cm) de cuarzo concordante con la foliación milonítica en la granodiorita. En uno de ellos hay trazas de calcopirita con cristales de biotita hasta de 1 cm de tamaño.

(b) En el Río Cofanes arriba de La Sofía, había un rodado de roca milonítica con pirita y calcopirita en vetillas que siguen la foliación (mineralización sintectónica). Una roca semejante fue encontrada al sur del Río Sucio (No. 662) pero no se notaba la calcopirita.

(c) Hay bandas de mineral metálico hasta de 3 cm de ancho con calcopirita y ¿esfalerita? en rodados de "chert" feldespatizado en la Quebrada La Industria. Estos "cherts" siempre llevan mineralización pirita/¿calcopirita? donde ocurren como afloramiento o rodados.

(d) Al norte de La Bonita por el camino nuevo, hay una ocurrencia pequeña de calcopiritas en rocas metafélsicas silíceas en contacto con un intrusivo de pórfido Terciario. Es notoria la presencia de pirita en los metavolcánicos de ese sector especialmente en vetas de arrastre epidotizadas.

(e) Pequeña mineralización Cu (¿covelina?) asociada con pirita y hematita se encuentra en una veta de cuarzo-epidota de 10 cm de espesor en un rodado de monzonita en la Quebrada Las Juntas.

3.1.3 Uranio

El afloramiento de fosforita uranífera (Vera, 1980) fue confirmado en el Río Chingual. La anomalía del escintilómetro fue 320 cps con un background de 80 cps; Vera midió 440 cps.

3.2 Ocurrencias de minerales no-metálicos

3.2.1 Asbesto

Es común la presencia de asbesto de anfíbol por las superficies de cizalla en rocas máficas, ej. rodados de greenstone epidotizado en el Río Palmar.

3.2.2 Carbonato
Aparte de las calizas de la Formación Napo, existen rodados de mármol y de travertino masivo en el Río Cofanes.

3.2.3 Caolín
El sector del plutón Rosa Florida comprende rocas plutónicas y subvolcánicas feldespáticas y su alteración produce depósitos de alto contenido de caolín/arcilla.

3.2.4 Fosfato
El afloramiento de fosfato uranífero de Vera (1980), fue visitado. La banda sólo tiene 30 cm de espesor. Boujo et al. (1984) trató del potencial fosfático de la región.

3.2.5 Granate
Una muestra de unos granates de hasta 5 cm de tamaño fue vista en Puerto Libre, sacada, según el dueño, de la Quebrada Culebrillas, cerca de La Bonita. Este mineral es el "rubí" de la zona.

3.2.6 Piedra ornamental
La "sienita" del Río La Chispa con su color rojizo y las "monzonitas" (minerales grises y rosado pálido) podrían ser consideradas en busca de piedra ornamental.

3.2.7 Petróleo
En el Río La Chispa, y dos afluentes del Río Chingual más al sur, hay rodados pequeños de lutita bituminosa. Se supone que las lutitas provienen de la Formación Napo.

3.2.8 Pizarra
Por la ruta al norte de Puerto Libre hasta el Río Recodo el camino va encima de un cerro elongado de la Formación Napo. Las pizarras negras encontradas podrían ser utilizadas como tejadas.

3.2.9 Ripio
Los habitantes de La Bonita y Rosa Florida excavan pozos en las rocas plutónicas intemperizadas para utilizar como ripio en las trochas de mula.

3.3 Potencial mineral
Todavía no se sabe la fuente (o fuentes) de oro de los Ríos Cofanes y Chingual. La información de campo en este informe con los resultados de los análisis (de roca, fluviales y pesados) puede dar más luz en el asunto.

Al momento se puede indicar ciertas posibilidades:



(a) Concentración de oro por las zonas mayores de cizalla (milonitas); esto será apoyado por la presencia mayor de oro en el Río Laurel, el cual corre por la falla Cofanes-La Sofía. Se había notado la mineralización Cu sintectónica en las milonitas.

(b) Los intrusivos menores cenozoicos en la zona de cizalla, subparalelos a la foliación milonítica, también podrían concentrar el oro. Se había notado mineralización Cu por los contactos.

(c) Concentración de oro en los "cherts" alterados (feldespatizados), una litología que siempre llamó la atención por su mineralización de sulfuros y presencia de feldespato-K (¿adularia?)

(d) Otras posibilidades incluyen a skarns y serpentinitas, pero parece que como sólo ocurre cada litotipo en un solo río/quebrada, no tienen una distribución suficientemente amplia.

4. REFERENCIAS

BOUJO A. et al. (1984) Proyecto Fosfatos, DGGM, Quito, no publicado.

LITHERLAND M. (1987) Cordillera Real Geological Research Project: First Annual Report, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

LITHERLAND M. (1988) Cordillera Real Geological Research Project: Second Annual Report, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

LITHERLAND M. (1989) Informe de comisión Monte Olivo-Río Condué y la zona del Río Minas. INEMIN No. 10296, no publicado.

LITHERLAND M. y BERMÚDEZ R. (1987) Informe Técnico Ibarra-Tulcán. INEMIN, No. 0265, no publicado.

MOODY J. D. y HILL M. J. (1956) Wrench fault tectonics. Bull. Geol. Soc. Amer., 67, 1207.

MORENO A. y VITERI F. (1979) Esquema geológico de la cuenca alta del Río Aguarico. INECEL, Quito, no publicado.

SALAZAR E., CILIO E. y DÍAZ L. (1986) Mapa geológico de la Hoja San Gabriel (1:100000). INEMIN, Quito.

SANTAMARÍA W. y SIERRA J. (1988) Mapa geológico de la Hoja Mariano Acosta (1:100000). INEMIN.

VERA R. (1980) La fosforita uranífera, Río Chingual, Chingual, Provincia de Napo. Politécnica, Monografía de Geología, Vol. No. 2, 47-55.

Dr. Martin Litherland

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 5003

APÉNDICE 1d

QUITO, JUNIO 13, 1989

PARA	:	GERENTE TÉCNICO
DE	:	DR. JOHN ASPDEN e ING. FRANCISCO VITERI S.
ASUNTO	:	Informe Técnico de los estudios geológicos efectuados entre Oñacapa-Yacuambí; y Jimbilla-Río Quimi del 11 al 29 de abril de 1989.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Dentro del Convenio de Cooperación Técnica que están llevando a efecto los Gobiernos de Ecuador (INEMIN) y Gran Bretaña (ODA-BGS), contempla la recopilación de información geológica de campo que permita conocer la geología de la Cordillera Real, tendiente a establecer un modelo de los procesos de su formación; así también, su relación con los ambientes que controlan un posible potencial minero, para futuros trabajos locales detallados.

1.2 Objetivo

La comisión motivo del presente informe fue efectuada del 11 al 29 de abril del presente año (1989), su objetivo fue el de realizar un estudio geológico con el fin de confirmar o discutir el modelo existente en el sur del país, este estudio de travesía a pie se lo realizó en dos grupos, el primero desde la población de Oñacapa, por la margen izquierda del Río Negro hasta Yacuambí, y el otro desde Jimbilla (Provincia de Loja)-Los Guabos, margen izquierda del Río Sadal y Río Quimi.

1.3 Personal asignado

Para llevar a efecto este trabajo, se tuvo que realizar en dos grupos, con el fin de cubrir con más amplitud el área geológica de interés por dos sectores: (a) sector comprendido entre Oñacapa-Río Negro-La Florida-Yacuambí y (b) Jimbilla-Río Sadal-Río Quimi.



Grupo No. 1	Jimbilla-Río Sadal-Río Quimi
	Ing. Francisco Viteri
Grupo No. 2	Oñacapa-Yacuambí
	Dr. John Aspden Sr. Manuel Célleri
Chofer:	Sr. Washington Cevallos

1.4 Medio de transporte
Se utilizó como medio de transporte un Jeep Land Rover de la Misión Británica AT-0056.

1.5 Detalle de actividades
La recopilación de la información geológica de campo, se realizó de acuerdo al siguiente detalle de actividades:

Grupo No. 1

Abril	11	Quito-La Toma
	12	Loja-Jimbilla
	13	Jimbilla-Los Guabos
	14	Los Guabos-Río Cristal
	15	Río Cristal-Río Verde
	16	Río Verde-Cordillera Chivato
	17-18-19	Cordillera Chivato-Unión Sadal
	20	Unión Sadal-Cabecera Río Sadal
	21-22-23	Margen izquierda Río Sadal
	24-25	Quebrada Honda
	26	Río Negro
	27	Río Quimi y Unión Río Negro (sitio de rescate)
	28	Loja
	29	Loja-Quito

Grupo No. 2

Abril	13	Loja-Masaca-Las Juntas-Saraguro
	14	Saraguro-Oñacapa-H. Aguarnuda
	15	H. Aguarnuda-Río Quingueado
	16	Río Quingueado-Río Negro
	17	Río Negro-La Florida
	18	La Florida-Chivato
	19	Chivato-Río Ingenio
	20	Río Ingenio-Río Garcelán
	21	Río Garcelán-Yacuambí-Zamora
	22	Zamora-Loja
	23-28	Loja (periodo utilizado en la planificación y búsqueda para el rescate del Ing. F. Viteri S.)
	29	Loja-Quito

1.6 Geografía e hidrografía

En el sector norte, predominan zonas altas de páramo con altitudes variables entre 3000-3300 metros sobre el nivel del mar, siendo estas zonas planas, poco irregulares, existiendo pequeños cerros como el Piedras, Gavilán; siguiendo hacia la parte oriental se vuelve muy escarpado, teniendo como accidente topográfico la Cordillera de Sushano la cual llega hasta muy cerca de la población de Yacuambí.

En lo que respecta al sur de la zona de estudio, existen varios accidentes topográficos importantes, consecuencia de lo cual el relieve en el corte realizado es muy irregular, entre los accidentes metamórficos tenemos la Cordillera de Los Guabos, de Sharan, Cordillera de Chivato y Sadal y el Filo Sadal. Sectores en los cuales el relieve es muy escarpado con pendientes verticales.

En lo referente a la hidrografía en el norte de la zona de estudio en las partes altas existen dos drenajes muy conocidos como Río de La Plata (Río Negro) y el Quingueado, los mismos que drenan hacia la parte subandina tomando luego el nombre de Garcelán y Río Ingenio, los que drenan hacia el Río Yacuambí.

En el sur de la zona de estudio tenemos que hasta antes de virar la Cordillera de Chivato todos los drenajes (ríos y quebradas) drenan hacia el sur o sea hacia el Río Zamora (Hoja topográfica Loja Norte).

Al otro lado de la Cordillera Chivato los ríos principales drenan hacia el norte y luego al oriente, entre los que tenemos a los Ríos Sadal, Sordomoros y Peñas Encantadas, los que unidos con el Río Negro que drena de sur a norte forman el Río Quimi.

1.7 Clima

Las condiciones topográficas mencionadas tienen su repercusión en el clima de la región, el mismo que va de frío y gélido en zonas altas a templado en zonas bajas.

En lo que respecta a los climas fríos con temperaturas bajo cero, éstas corresponden a sectores comprendidos entre 3000-4000 msnm, características existentes en el Cerro Piedras, en el norte y en el sur en la Cordillera Chivato y Filo Sadal.

Para clima templado, puede ser considerado el flanco oriental de la Cordillera Real, con temperaturas de 12 a 20° C, correspondiente a sectores de 1000-3000 msnm en la que tenemos las poblaciones de Yacuambí, Chivato y Quimi y todo el valle de los Ríos Quimi, Ingenio y Yacuambí.

1.8 Acceso

Para llegar a Yacuambí desde Oñacapa (Tambo-Pamba) se toma un camino de herradura el cual pasa por el Río Aguarnuda y es necesario subir hasta 3200 msnm y llegar a la cabecera del Río Quingueado, luego hay que tomar un camino grande para caer al Río Negro y seguir bajando para el Río Ingenio muy cerca de la población de Yacuambí.

Para la travesía al sur de la zona de estudio, se tuvo que tomar desde Jimbilla un camino de herradura hasta Los Guabos, luego se toma una trocha muy dificultosa a pie. Hasta un filo que forman los Ríos Tibio y Cristal y luego de este existen pequeños caminos y trochas realizadas en los últimos días y también existen antiguos caminos, por lo que se tuvo que seguir más al norte para tomar el Río Verde y poder llegar al Río Negro por una trocha antigua avanzando hasta la Cordillera Chivato, pero lamentablemente fue imposible debido a dos problemas muy graves, esto es el clima y la caída de un trabajador. Desde este punto (Filo de la Cordillera Chivato) pudimos localizar a la distancia en la Unión Sadal (Hoja topográfica Las Juntas) una casa, esto en parte ayudó para poder seguir más al nororiente y evitar así el paso por la Cordillera de Sadal y poder continuar al Río Negro.

Siguiendo el Río Sadal se inicia una travesía muy peligrosa, abriendo trocha en unos sectores con fuertes pendientes hasta llegar al sitio denominado la Unión del Sadal (Hoja topográfica Las Juntas) para luego seguir la margen izquierda del Río Quimi también abriendo trocha, y llegar luego de quince días de caminata a la unión de los Ríos Quimi y Negro.

1.9 Trabajos previos

Muy cerca de la parte norte se han realizado varios estudios por parte del Proyecto y otros autores así:

- Existe la Hoja topográfica de Saraguro, realizada por J. B. Kennerley (1969-1972) escala 1:100000, el mismo que realizó un reconocimiento cerca de la zona de estudio, principalmente por los sectores conocidos como Tres Lagunas, al oeste de Saraguro.

- Así mismo se ha realizado por parte del Dr. J. B. Kennerley e Ing. Almeida (1969-1970), estudios geológicos locales hasta la zona de Jimbilla, sin existir otros trabajos previos desde este punto hasta el Río Quimi, indicados en la Hoja geológica Loja, escala 1:100000.

- Los miembros del Proyecto: Aspden J. y Viteri F. (1987), efectuaron una travesía geológica desde Oña-Loma Voladora-Yacuambí y en noviembre 1988 otra travesía desde Nabón-Shingata-Tutupali.

2. GEOLOGÍA DEL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE OÑACAPA-YACUAMBÍ (MAPA No. 1)

2.1 Introducción

La travesía geológica realizada desde el sector conocido como Oñacapa hasta muy cerca a Yacuambí, es decepcionante, debido a que gran parte del camino de herradura sigue las partes altas, por lo cual los afloramientos son muy limitados y cuando existen rocas, éstas están muy meteorizadas, sin embargo, la distribución regional de las unidades de rocas ha sido establecida, y esta información representará un aporte a nuestros conocimientos anteriores.

2.2 Volcánicos cenozoicos (en el oeste) con Cu.

Estas rocas están extensamente desarrolladas en la parte oeste de la zona estudiada, las mismas que no han sido estudiadas a detalle, pero consisten principalmente de tobas ácidas félsicas, incluyen también lavas intermedias a ácidas y aglomerados. De acuerdo a Baldock (1982) los volcánicos cenozoicos pertenecen a dos Formaciones principales, la Saraguro y la Formación Tarqui.

Siguiendo el oriente, cerca del Cerro Piedras existen en menor cantidad tobas félsicas y lavas andesíticas-dacíticas? las que fueron observadas a lo largo del camino y, en la parte este del Río Negro existen buenas exposiciones de estas rocas volcánicas. El grado de meteorización de estas rocas es fuerte a las que se incluyen posiblemente algo de material intrusivo de alto nivel. Estas rocas son tentativamente asignadas al cenozoico.

2.3 Rocas del complejo metamórfico

2.3.1 Conjunto Tres Lagunas (XgTL)

Tal como ha sido reportado en informes anteriores, el Conjunto Tres Lagunas consiste típicamente de granito/granodiorita con biotita, foliado con megacristales de feldespato potásico.

En esta travesía este conjunto está fuertemente meteorizado, y los mejores ejemplos de este conjunto fueron observados como bloques rodados en el Cerro Piedras y en buena parte de arroyos y quebradas ejemplo en el Río Quingueado (Hoja Saraguro 1:50000).

Al este del batolito principal en el sendero fueron observados pequeños afloramientos (ventanas o apófisis?) del conjunto Tres Lagunas dentro de lo que consideramos la división Loja (ver Mapa No. 1). Las foliaciones registradas fueron pocas, pero generalmente tienen rumbo de cordillera y con buzamientos fuertemente inclinados hacia el oeste.

De acuerdo con interpretaciones fotogeológicas previas, se había determinado la existencia de dos prominentes depresiones circulares, a lo largo del margen occidental del conjunto Tres Lagunas (ver Mapa No. 1). El que está ubicado más hacia el oeste de la parte alta del Río Pichanal fue visitado durante esta travesía, pero lamentablemente las condiciones climáticas fueron muy malas y se canceló la tentativa de alcanzar la depresión oriental, la cual es la mejor desarrollada de las dos.

En la depresión Pichanal, existen muy pocos afloramientos, pero son muy comunes los bloques del granito Tres Lagunas. En un sector un posible afloramiento fue muestreado, el mismo que consiste de un granito de grano fino y textura azucarada (aplita), los mismos que llevan largos cristales de cuarzo en forma de ojos. Esta roca es considerada como una variación del conjunto Tres Lagunas en la cual la textura original plutónica ha sido destruida por eventos magmáticos tardíos (ver sección 3).

2.3.2 División Loja (DL)

Igual que en varios sectores de la Cordillera Real, la división Loja consiste en este caso de una mezcla de rocas de tipo pelitas, semipelitas y psamitas, indicando dos clivajes penetrativos y pliegues apretados de menor escala (F2) los cuales generalmente son comunes y tienen inclinaciones moderadas a horizontales.

La relación entre el conjunto granítico Tres Lagunas y la División Loja no ha sido todavía establecida, pero se asume que el contacto original el cual ahora se presenta foliado fue un contacto intrusivo.

2.3.3 Otros tipos de roca

Hacia el lado este de Chivato en los Ríos Plateado y Chivato, existen bloques rodados consistentes de pórfidos feldespáticos con biotita (muy comunes en el Río Plateado), granodiorita biotítica, granito/granodiorita con biotita + moscovita foliado y lavas andesíticas. Estos tipos de rocas pensamos que pertenecen al complejo plutónico-volcánico subandino (ver 1er y 2do Informes Anuales y reportes de travesía geológica), los mismos que están aflorando al este.

Actualmente este conjunto está siendo mapeado, pensando que se trata de un complejo de edad jurásica, aunque probablemente también incluye bloques más jóvenes y en particular rocas intrusivas de alto nivel tipo porfiríticas del Terciario.

Los plutones jurásicos y en particular el batolito de Zamora-Río Mayo son considerados como rocas o complejos de rocas que están incluyendo a la división Loja.

En el oeste en la unión de los Ríos Casatura y Pichanal existen excelentes afloramientos de rocas intrusivas no deformadas, de tipo granodiorita con hornblenda y biotita a través de la espesa y potente cobertura de volcánicos cenozoicos. Muestras de este batolito "Pichanal" han sido colectadas para estudio de dataciones radiométricas, pero asumimos que este batolito es equivalente al plutón San Lucas de edad Terciario Inferior, el cual está expuesto en el sur a lo largo del camino que conduce desde Saraguro-Loja.

3. GEOLOGÍA ENTRE JIMBILLA Y RÍO QUIMI

3.1 Introducción

Esta travesía efectuada desde la población de Jimbilla hasta Quimi, geológicamente no presenta variaciones fundamentales, en lo que respecta al modelo geológico-estructural existente en el sur del país (2do Informe Anual, Proyecto Cordillera Real), sin embargo, existen excelentes exposiciones de rocas principalmente semipelíticas y rocas intrusivas del batolito conocido como Zamora-Río Mayo.

La espesa vegetación en las estribaciones orientales de la cordillera, el clima, ríos torrentosos, hicieron que sea dificultoso encontrar buenos contactos entre los diferentes tipos de litología; la prolongación de la travesía en longitud y tiempo de 7 a 15 días, la falta de alimentos, impidieron que se tengan mejores éxitos.

3.2 Plutón San Lucas

Desde la población de San Lucas hasta la quebrada Santa Bárbara, al este de Jimbilla existe un predominio de afloramientos de rocas de composición variable de granitos a dioritas, teniendo como principal mineral máfico la biotita, además existen tonalitas.





Este plutón fue mapeado por J. B. Kennerley y Almeida (1975), teniendo un área aproximada de 150 km^2; ahora pensamos que ésta es menor, más o menos de alrededor de 100 km^2.

En el Río Santa Bárbara existen principalmente dioritas, probablemente éstas representan una fase temprana del intrusivo, esta observación se basa en que las dioritas ricas en hornblenda ocurren como xenolitos en los bloques de tonalita.

Así también, existen diques aplíticos de andesita/dolerita de rumbos variables, los mismos que son comunes tanto en la intrusión como en los alrededores de la división Loja.

Se han realizado varias dataciones radiométricas así:

- Hall y Calle (1982), han determinado edades de 52 ± 2 (biotita); 60 ± 1 (plagioclasa); 61 ± 1 (biotita); 65 ± 2 (biotita); y 68 ± 2 (plagioclasa).

- El Proyecto Cordillera Real (ver 2do Informe Anual), presenta edades de 53 ± 2 Ma, utilizando el método de Rubidio/Estroncio.

Estos resultados indican que el plutón San Lucas es joven probablemente terciario, y la presencia de tonalitas foliadas (Río Zenen) puede indicar eventos muy recientes.

3.3 Complejo metamórfico

3.3.1 Conjunto Tres Lagunas (XgTL)

Entre la quebrada Santa Bárbara y muy cerca de la población La Chonta, existe una delgada faja de rocas miloníticas?, éstas provisionalmente se las ha considerado como la extensión sur del conjunto Tres Lagunas (ver Mapa No. 1) tomando como relación la geotravesía Oñacapa-Yacuambí.

Esta faja delgada consiste de una roca intrusiva bastante foliada, pudiendo observarse como mineral máfico biotita, además están presentes megacristales de cuarzo y feldespato. Una vez que se tengan las láminas delgadas y su respectivo análisis se confirmará si se trata o no de este conjunto. Los rumbos existentes en este sector, a pesar de que los afloramientos están meteorizados son de cordillera (Andina) con buzamientos verticales y fuertes hacia el este.

Además, es importante indicar de la existencia de grandes rodados del conjunto, con megacristales de feldespato potásico (10 cm) y cuarzo azul, en los Ríos Sadal y Piedras Encantadas, lo que sugiere la existencia de buenas exposiciones en los nacimientos de estos ríos.

3.3.2 División Loja
Esta secuencia de rocas es muy monótona en toda la extensión observada, consistiendo de pelitas, semipelitas, pizarras, psamitas entre las principales, además se localizó afloramientos de rocas verdes (metavolcánicos) en la Quebrada El Guabo y en el Río Cristal. Esta secuencia en su mayoría indica dos clivajes penetrativos con rumbos andinos y buzamientos fuertes. La edad de esta división es desconocida.

3.4 Rocas intrusivas
Desde la unión del Río Negro y Río Quimi, se pudo observar el cambio litológico de las rocas de la división Loja a rocas intrusivas del batolito conocido como Zamora-Río Mayo (ver 2do Informe Anual, Proyecto Cordillera Real), el contacto observado localmente es intrusivo, estas rocas se extienden hacia el sur y al este.

El batolito no ha sido estudiado a detalle, pero en observaciones macroscópicas de muestras de mano consiste principalmente de rocas intrusivas de composición variable, en este sector la variación va de granodiorita a diorita teniendo como principales minerales máficos la biotita y la hornblenda.

Cerca al contacto con la división Loja, estas rocas presentan un clivaje pobremente desarrollado, el cual puede deberse a efectos tectónicos. El Proyecto ha realizado estudios de dataciones radiométricas en muestras tomadas en el sector de Napurca, muy cerca al sitio de estudio, y de acuerdo a resultados obtenidos mediante la utilización del método Rb-Sr dan edades de 185 Ma.

4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

4.1 Ocurrencias de minerales metálicos

4.1.1 Oro
Se batearon la mayor parte de ríos y quebradas durante los cruces realizados, pero desafortunadamente no se pudieron observar indicios de oro de importancia, existiendo pequeñas chispas en los arroyos afluentes del Río Ingenio, además se pudo visitar a los pequeños lavadores del Río Yacuambí, así también podemos decir que es de importancia la existencia de pequeñas chispas en los concentrados de muestras bateadas en los Ríos Quimi y Sordomoros; al momento contamos con muestras de sedimentos pesados los mismos que serán analizados en un futuro.

4.1.2 Estaño y tungsteno
Se está poniendo mucho a todos los concentrados de batea de los drenajes que cortan las rocas del Conjunto Tres Lagunas, con el propósito de ubicar ocurrencias de estaño y tungsteno, elementos característicos de rocas intrusivas de este tipo.

Existen informes anteriores de la UNDP (1972) los mismos que reportan la presencia de casiterita y scheelita en los concentrados bateados de muestras recogidas en el Río Pichanal.

4.2 Ocurrencia de minerales no-metálicos

4.2.1 Caolín

Existen importantes zonas de caolinización dentro del Conjunto Tres Lagunas muy cerca del Río Negro, las mismas que tienen un alto grado de intemperización (ver Mapa No. 1).

4.2.2 Turmalina

Muestras de turmalina poco meteorizadas fueron ubicadas al este de la población de Oñacapa (Provincia de Loja), asociadas a los granitos/granodioritas del Conjunto Tres Lagunas, éstas se pueden observar en el camino que conduce a Yacuambí, muy cerca al Río Negro.

4.2.3 Grafito

Existen buenos afloramientos de rocas metamórficas en el lado nororiental de la población de Jimbilla, en la Cordillera de Chivato, en el margen derecho del Río Sadal, donde se pudieron observar excelentes afloramientos de filitas grafitosas, estas rocas son correspondientes a las semipelitas de la División Loja (ver 2do Informe Anual del Proyecto Cordillera Real).

5. REFERENCIAS

LITHERLAND M. (1988) Proyecto de Investigación Geológica Cordillera Real: Segundo Informe Anual, INEMIN-Misión Británica, Quito (Unpubl).

ASPDEN J. y VITERI F. (1987) Reporte de Comisión a las zonas de Saraguro – Loja, INEMIN, Quito.

KENNERLEY J. B. (1972) Hoja geológica de Saraguro, escala 1:100000, Dirección General de Geología y Minas, Quito.

KENNERLEY J. B. y ALMEIDA L. (1970) Hoja geológica de Loja, escala 1:100000, Dirección General de Geología y Minas, Quito.

UNDP (1972) Survey of metallic and non-metallic minerals (Phase II), Republic of Ecuador. Technical report No. 14. New York.

Ing. Francisco Viteri S.
INEMIN

Dr. John Aspden
MISIÓN BRITÁNICA

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 7132

APÉNDICE 1e

QUITO, AGOSTO 09, 1989

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : ING. FRANCISCO VITERI – PROYECTO CORDILLERA REAL

ASUNTO : Informe Técnico de los trabajos geológicos realizados entre Tutupali-Ortega Alto-Río Campana Urco y Río Chuchumbleza, del 26 de junio al 14 de julio de 1989.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto de investigación geológica de la Cordillera Real que se lleva a efecto mediante convenio de cooperación técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real, tendiente a establecer un modelo de los procesos de su formación; así también, su relación con los ambientes que controlan un posible potencial minero, para futuros trabajos locales (a detalle) concernientes al Instituto Ecuatoriano de Minería.

1.2 Objetivos

La comisión motivo del presente informe técnico, fue efectuada del 26 de junio al 14 de julio de 1989; su objetivo fue el de realizar el estudio geológico en las inmediaciones de la Cordillera de Manga Urco, en los ríos Yacuchingari, Campana Urco y Ortega Alto, con el propósito de conocer con mayor claridad los contactos y sus características geológicas entre el Conjunto Tres Lagunas-División Loja y División Loja-Batolito de Zamora.

Así también el de realizar un reconocimiento geológico en los Ríos Cantzama, Chuchumbleza y Chicaña.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo encabezada por el Ing. Francisco Viteri, acompañado por el Sr. Manuel Célleri como asistente de campo y chofer.



1.4 Medio de transporte
Jeep Land Rover placa AT-0272 de la Misión Británica.

1.5 Detalle de actividades
Se realizó la recopilación de información geológica mediante el siguiente detalle de actividades:

Junio	
25	Quito – Loja (Sr. Célleri).
26	Quito – La Toma – Loja (Ing. Viteri).
27	Loja – Chapintza – Zamora
28	Zamora – Chapintza – Yacuambí
29	Yacuambí – Tutupali
30-2 Jul.	Tutupali – Río Yacuchingari
Julio	
3-4	Tutupali – Santa Cleotilde
5	Tutupali – Ortega Alto
6-7	Ortega Alto – Río Espadillas
8	Ortega Alto – Río Campana Urco – Ortega Bajo
9	Ortega Bajo – Yacuambí
10	Yacuambí – Río Cantzama – Zamora
11-12	Zamora – Chuchumbleza – Chicaña – Gualaquiza
13	Gualaquiza – Cuenca
14	Cuenca – Quito

1.6 Geografía e hidrografía
La zona estudiada presenta un relieve bastante irregular con largas y elevadas divisorias, tales como el Filo de Ortega, Filo Espadillas, Cordillera Manga Urco, Cerro Santa Clara y Cerro San Antonio; en el sector oriental y en el occidental entre las principales características topográficas tenemos: la Cordillera Voladora, Moradillas entre otras menores y valles profundos a lo largo de los cuales drenan torrentosos ríos como el Tutupali, Zavala, Santa Cleotilde, Yacuchingari, Espadillas, Campana Urco, Paquintza que desembocan en el Río Zamora.

1.7 Clima y Vegetación
Las condiciones topográficas mencionadas tienen su repercusión en el clima de la región, el mismo que varía desde frío andino hasta el templado, que influyen en la flora y fauna de la región, estas características de clima templado son aprovechadas por los pobladores de la región para el cultivo de productos tales como: caña, maíz y yuca entre los más importantes.



2. GEOLOGÍA

2.1 Introducción

Detalles de las observaciones geológicas de campo, realizadas en su mayor parte a pie, se pueden observar en el mapa de travesía geológica Tutupali-Río Ortega, que además incluye en su parte inferior tres pequeñas secciones geológicas de reconocimiento efectuadas en los Ríos Cantzama, Chicaña y Chuchumbleza (ver mapa único); como en informes anteriores se deberá tomar en cuenta que todos los datos indicados son provisionales, únicamente basados en identificaciones macroscópicas de muestras de roca, debido a que al momento no se cuenta con secciones delgadas, tampoco con resultados geoquímicos.

2.1.1 Batolito Tres Lagunas

Este batolito, más conocido como Conjunto Tres Lagunas (XgTL) fue nominado así, gracias a los resultados de campo llevados a efecto por la brigada Sur (Aspden, Viteri, 1987) del Proyecto de Investigación Geológica de la Cordillera Real, lugar en el cual fueron encontrados muchos afloramientos de granito biotítico deformado. Con base en observaciones de campo realizadas con anterioridad en la travesía Cochapata-Yacuambí, Aspden (1988) quien reportó la existencia de rodados de XgTL en los Ríos Yacuchingari y Tutupali se vio la necesidad de realizar un chequeo en estos sectores con el fin de establecer el tipo de contacto entre el XgTL y la división Loja (DL) y su extensión sur.

Siguiendo el Río Yacuchingari y un camino de herradura aproximadamente paralelo al drenaje, se puede ubicar la posición oriental del XgTL, lamentablemente el contacto exacto no se determinó debido a que las exposiciones se encuentran altamente meteorizadas, pero podría tratarse de un contacto intrusivo debido a las características que presenta la zona.

Hacia el sur en el Río Santa Cleotilde se realizó así mismo un chequeo de campo, por un camino de herradura paralelo a este río, encontrándose mejores afloramientos de la DL como del XgTL, siendo en estos sectores el contacto intrusivo entre estos dos componentes.

Litológicamente en los afloramientos observados del XgTL, consiste de un granito biotítico, con textura granular, generalmente gnéisica, pudiendo observarse megacristales de feldespato potásico gris-azulado los cuales dan la forma de "ojos", contiene además cuarzo azul, el mismo que podría estar asociado a microcizallamientos los cuales están especialmente desarrollados dentro de los granos de cuarzo.

En las zonas de contacto entre XgTL y la DL se presenta el XgTL sin deformación, salvo unos rodados de una pequeña quebrada afluente del Río Yacuchingari (CRFV-761).

Existen rodados de XgTL en el Río Ortega, los mismos que serán confirmados una vez que dispongamos de láminas delgadas, y en las minas de Ortega Alto se pudo ver cristales de cuarzo azul, como efecto de la meteorización de algún granito.

2.1.2 División Loja

En los alrededores de Tutupali, existe un dominio de rocas pelíticas las mismas que en todas las exposiciones observadas presentan un fuerte clivaje, estas rocas pertenecen a la división Loja, específicamente se ubican los mejores afloramientos en los Ríos Yacuchingari, Santa Cleotilde, Ortega Alto y en las dos márgenes del Río Tutupali hasta la población de Yacuambí.

Estas rocas metamórficas de bajo grado consisten de una secuencia monótona de filitas, filitas grafíticas, filitas cuarzosas, cuarcitas impuras, cuarcitas, se ha incluido dentro de la DL a filitas verdes y metavolcánicos.

Esta división es un elemento importante dentro del contexto geológico regional de la Cordillera Real al sur del país.

Todavía no ha sido posible datar la edad de estas rocas, es por esto que al momento estamos asumiendo una edad del Paleozoico Inferior, la misma que no está bien confirmada.

Cerca al XgTL y a lo largo del margen occidental de la DL, las inclinaciones estructurales son moderadas con rumbos transcordillera, en la travesía Tutupali-Ortega Alto el clivaje de estas rocas es penetrativo S2 y claramente visible, la falta de excelentes exposiciones, la cobertura vegetal y la inaccesibilidad en ciertos sectores, hace que se vuelva dificultoso el tener una idea más clara acerca de una interpretación estructural confiable para la DL, posiblemente con un trabajo detallado se puede tener mejores resultados.

Provisionalmente se podría definir como un cinturón sobrecorrido al oeste e isoclinalmente plegado al este, siendo esta interpretación que está acorde a los resultados obtenidos en trabajos anteriores.

En el Río Cambana, al este de Yacuambí, existe muy cerca al contacto de este conjunto con el batolito de Zamora una secuencia de hornfels y rocas silicificadas con bastante mineralización diseminada de sulfuros (principalmente pirita), esto confirmaría aún más las ideas anteriores de que el batolito de Zamora está intruyendo a las rocas semipelitas de la DL.

En conclusión, podríamos indicar que las rocas semipelíticas de la DL han sido intruidas por el XgTL y por el batolito de Zamora.

2.1.3 Batolito de Zamora

Existen rocas intrusivas del Batolito de Zamora al este de Yacuambí, desde el sector de La Ilusión hasta Peñas Blancas (lugar en que finalizó la travesía). Además, se pudo observar bloques de rocas intrusivas en los Ríos Guando Grande, Paquintza y Cambana. Este batolito no ha sido mapeado a detalle, pero de acuerdo al estudio de afloramientos y rodados de los ríos anteriormente mencionados, se puede concluir que su composición varía desde granodiorita con hornblenda y biotita de grano medio a monzonita, cuarzodiorita, diorita existiendo también rocas volcánicas andesitas y pórfidos con mineralización diseminada de sulfuros.

2.2 Bloques exóticos

Este conjunto de rocas conocidas como exóticas (Litherland et al., 1987) son importantes desde el punto de vista económico y fueron localizadas como bloques rodados en los ríos Espadillas y Campana Urco.

2.2.1 Bloques del conjunto exótico

De acuerdo a estudios de investigación realizados con anterioridad en la travesía Salado-Tena (Litherland y Bermúdez, 1986) el complejo de rocas existentes en los Ríos Espadillas y Campana Urco tienen un alto grado de similitud.

(a) En el Río Espadillas, existen bloques rodados de metavolcánicos de coloración gris verdosa, afaníticos, de una composición basáltica, alterados a epidota, con abundante contenido de sulfuros diseminados; existen además bloques de chert y de caliza.

(b) En el Río Campana Urco existen rodados de metavolcánicos negros (los que podrían tratarse de una serpentinita) y gran cantidad de bloques grandes y pequeños de magnetita.

Los metavolcánicos de color gris obscuro se encuentran alterados a epidota y presentan mineralización de sulfuros de cobre, estos además contienen magnetita en pequeñas y delgadas vetillas; existen además rodados de magnetita y rocas de tipo skarn?, los mismos que serán confirmados con análisis posteriores, además se pudo ver bloques pequeños de chert.

Es interesante mencionar que en las muestras bateadas el mineral pesado contiene granate, magnetita y oro entre los más importantes.

La procedencia de este conjunto de bloques debería ser al este de los Ríos Espadillas y Campana Urco, lugar en el cual está ubicada la cordillera de Manga Urco, sector que todavía no ha sido explorado.

3. RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LOS RÍOS CHICAÑA, CHUCHUMBLEZA Y CANTZAMA

3.1 Introducción

El reconocimiento geológico en los sectores de los Ríos Chicaña, Chuchumbleza y Cantzama, se tuvo que efectuar con el objeto de revisar y tener una idea más clara de la geología de estos sectores localizados en la faja Subandina de la Cordillera Real, los resultados de los trabajos realizados están indicados en la parte inferior del mapa geológico (ver mapa único).

3.1.1 Río Cantzama

El objetivo de la visita a este río, fue el de observar la existencia o no de rocas de basamento, especialmente como rodados del Río Cantzama y sus afluentes para así realizar una interpretación en el mapa geológico base a escala 1:250000 del Proyecto.

Como puede observarse en la pequeña sección geológica, parte inferior izquierda del mapa; en la unión del Río Piuntza con el Cantzama, existen buenas exposiciones de granodiorita con biotita que pertenecen al batolito Zamora, este batolito es continuo hasta muy cerca de la unión del Río Salado.

Posteriormente se realizó un examen minucioso de rodados de cada uno de los ríos, teniendo como resultado que tanto en el Río Cantzama como en el Piuntza existen grandes bloques (hasta 10 metros de diámetro) de rocas del basamento de Sabanilla.

Además, es importante la presencia de rocas volcánicas silicificadas con sulfuros (pirita, calcopirita) en los Ríos Piuntza y Cantzama, como resultado del bateado en el Río Cantzama se pudo ver chispas de oro, esto nos haría pensar de la existencia de importantes cuerpos de rocas volcánicas porfiríticas mineralizadas.

3.1.2 Río Chicaña

El objetivo fue el de observar la presencia de rocas foliadas en la carretera que conduce al Río Chicaña. Desde el sector de San Vicente, hasta el Río Chicaña siguiendo el carretero se pudo ver la presencia de rocas intrusivas granodioritas en unos casos con hornblenda, en otros con biotita, pudiendo observarse variación en su composición hasta monzonitas, estas rocas deben pertenecer al Batolito de Zamora, así también se pudo ver vetas de rocas volcánicas (andesitas?) dentro de estas rocas intrusivas.

3.1.3 Río Chuchumbleza

El propósito fue el de realizar un reconocimiento geológico en este sector (ver parte inferior derecha del mapa), en el cual se pudo observar una predominancia de rocas volcánicas silicificadas, lavas y afloramientos de tonalita.

Dentro de las rocas volcánicas se pudo ver aglomerados silicificados, en los que se identificó minerales de cobre como malaquita, calcopirita, pirita.

Son importantes también los extensos depósitos aluviales ubicados en las dos márgenes del río, donde se encuentra asentada la empresa minera aurífera MINEROSA.

4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

4.1 Minerales metálicos

4.1.1 Oro

Se observaron chispas de oro en muestras bateadas en varios ríos y pequeñas quebradas, afluentes que cortan tanto el Batolito de Zamora como el XgTL.

Se puede asumir que por la abundancia de sulfuros en rodados de rocas básicas y rocas tipo skarn podrían contener interesantes proporciones de mineralización aurífera.

Entre los principales drenajes que contienen oro aluvial tenemos el Ortega, Campana Urco, Cambana, Yacuchingari entre los más importantes.

Actualmente existen 17 mineros en los lavaderos auríferos de Ortega Alto, el mismo que se encuentra en una zona de deposición glacial.

4.1.2 Cobre/sulfuros

Indicios de sulfuros existen en rocas volcánicas en el Río Cambana cerca al contacto con las rocas intrusivas del Batolito de Zamora, pudiendo observarse mineralización de calcopirita/pirita.

Las rocas tipo skarn? del Río Campana Urco y los volcánicos básicos tienen importante contenido de sulfuros de pirita/calcopirita y bornita. Existen bloques de lava epidotizada que contienen mineralización de calcopirita/pirita con un lustre plomo-azulado.

4.1.3 Magnetita/Hierro

Bloques de rocas volcánicas en el Río Campana Urco contienen magnetita en delgadas vetillas (CRFV-765C), así también ocurren rodados de magnetita masiva en el Río Espadillas y el mismo Campana Urco.

4.2 Ocurrencias de minerales no-metálicos

4.2.1 Sílice

Importantes afloramientos de areniscas de la Formación Hollín contienen grandes cantidades de sílice, especialmente en la margen izquierda del Río Chuchumbleza.

5. REFERENCIAS

LITHERLAND M. (1988) Proyecto Cordillera Real, Segundo Informe Anual, INEMIN-Misión Británica (no publicado).

LITHERLAND M. (1989) Proyecto Cordillera Real, Tercer Informe Anual, INEMIN-Misión Británica (no publicado).

VITERI F., SANTAMARÍA W. y SIERRA J. (1986) Hoja geológica Gualaquiza (en proceso), INEMIN.

Ing. Francisco Viteri S.
PROYECTO CORDILLERA REAL

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 00432

APÉNDICE 1f

QUITO, ENERO 17, 1990

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : DR. JOHN ASPDEN

ASUNTO : Informe Técnico de los trabajos geológicos realizados entre Atillo-Macas (Río Abanico) y Alao-Huamboya-Palora del 06 de noviembre al 02 de diciembre de 1989

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El Proyecto de investigación geológica de la Cordillera Real que se lleva a efecto mediante convenio de cooperación técnica entre los gobiernos de Ecuador y Gran Bretaña, contempla la recopilación de datos de campo que permitan conocer la geología de la Cordillera Real, así también su relación con ambientes que controlan un posible potencial minero, para futuros trabajos locales (a detalle) concernientes al Instituto Ecuatoriano de Minería.

1.2 Objetivos

La comisión motivo del presente informe técnico fue efectuada del 06 de noviembre al 02 de diciembre de 1989; su objetivo fue el de realizar el estudio geológico del cruce Atillo-Macas (Río Abanico) y Alao-Huamboya-Palora.

1.3 Personal asignado

Para efectuar este trabajo la comisión estuvo integrada por el Dr. John Aspden, Sr. Manuel Célleri (quien por motivos de salud no pudo continuar), Sr. Laureano Saltos (quien remplazó al Sr. Célleri) y Sr. Vicente Navarro (chofer).

1.4 Transporte

Jeep Land Rover placa AT-0272 de la Misión Británica.



1.5 Detalle de actividades

Noviembre	
06	Quito – Riobamba
07-13	Atillo – Macas (cruce de la cordillera)
14	Macas – Riobamba
15	Riobamba
16-30	Alao – Palora (cruce de la cordillera)
Diciembre	
01	Palora – Baños – Alao
02	Quito

1.6 Acceso

1.6.1 Atillo-Macas

Existe carretera al oeste de Atillo vía Guamote y en clima seco a Laguna Negra. En el este, el vehículo puede ingresar en la cordillera hasta el Río El Retiro. Entre estos dos puntos una pica bien marcada sigue el curso del Río Upano. Durante nuestra visita, todos los trabajos de la proyectada carretera Macas-Atillo-Guamote, estaban suspendidos.

1.6.2 Alao-Huamboya-Palora

Desde Alao cruza una ruta ahora abandonada e intransitable, la división se extiende a Magdalena. De este punto hasta El Placer existe una trocha. Sin embargo, desde este punto la trocha está casi desaparecida y el acceso en muchas partes es posible sólo a machete. En el este, en el área del Río Coco, trochas pequeñas son usadas por mineros que lavan oro aluvial y llegan al asentamiento 'colono' reciente de El Carmelo, el cual está a ca. 14 km al SW de Palora. Entre Palora y El Carmelo existe un camino carrozable.

1.7 Trabajos previos

1.7.1 Atillo-Macas

La mayor parte de esta travesía está cubierta por el Mapa Geológico de Macas a escala 1:100000 recientemente publicado (Marín et al., 1988). Se notará, sin embargo, que hay considerables diferencias entre esta y el presente. Este trabajo también cubre el informe de las primeras travesías de Litherland y Bermúdez (1986).

1.7.2 Alao-Huamboya-Palora

No se dispone de publicaciones sobre esta travesía, sin embargo, un corte breve a El Placer fue realizado por Litherland y Bermúdez en 1986.



2. GEOLOGÍA DE LA TRAVESÍA ATILLO-MACAS

2.1 División Alao-Paute

Rocas verdes y esquistos verdes pertenecientes a la división Alao-Paute ocurren en la parte oeste en la travesía Atillo-Macas. Al este del Río Galgalán hay pocos afloramientos de estas rocas a lo largo del camino, pero están presentes numerosos bloques rodados.

Entre la Laguna Negra y el Río Galgalán la división Alao-Paute está bien expuesta y consiste de una alternancia de rocas verdes masivas y esquistos verdes fuertemente foliados. Los esquistos verdes son claramente de origen tectónico y representan milonitas producidas a lo largo de las zonas cizalladas. Las inclinaciones estructurales son generalmente moderadas y las lineaciones minerales tienen inclinaciones suaves con rumbo norte a NNE. Las observaciones hechas en una sola localidad indicaron un cizallamiento en sentido dextral.

Aunque la división Alao-Paute está dominada por rocas metavolcánicas, cantidades menores de filitas negras ± grafito fueron observadas como rodados en algunos de los ríos que drenan este sector. También en el Río Villacruz y en un río sin nombre localizado a un par de kilómetros al este, están presentes rodados de anfibolitas máficas, muy similares a las anfibolitas del Complejo Tampanchi (ver los informes anteriores del Proyecto).

2.2 División Loja

En el sector de Atillo-Macas la división Loja consiste predominantemente de rocas semipelíticas, sin embargo, su grado metamórfico es variable. En el oeste (i.e. al oeste de San Vicente), los paragneises y esquistos son comunes y el granate y cloritoide están ampliamente desarrollados. En el este, sin embargo, el grado de metamorfismo de la secuencia es generalmente más bajo y consiste típicamente de esquistos y filitas de color obscuro, algunas de las cuales son grafíticas. En el área de San Francisco la división Loja incluye cantidades subordinadas de rocas esquistosas verdes de un posible origen volcánico.

El margen occidental de la división Loja está pobremente definido debido a la falta de afloramientos, sin embargo, en el este desaparece abruptamente a través de una “zona tectónica” que está marcada en el campo por la presencia de una serie de rocas miloníticas de rumbos aproximadamente N-S y con buzamientos bien inclinados a verticales.

Es probable que el límite occidental de la división Loja coincida con una falla inversa la cual tiene un buzamiento moderado al oeste. Rocas volcánicas esquistosas que afloran en un pequeño chorrito sin nombre dentro del Río El Retiro y Río Cugusha tienen una fuerte lineación mineral E-O y se cree que marcan el comienzo de la secuencia volcánica/volcanoclástica que estructuralmente sirve de base a las rocas de la división Loja.

En cualquier lugar de la cordillera y especialmente al sur, los granitos pertenecientes al conjunto Tres Lagunas (XgTL) están comúnmente asociados con la división Loja a la cual ellos intruyen. En la travesía Atillo-Macas los afloramientos de XgTL no están presentes, sin embargo, en el Río Playas y posiblemente en el Río Cugusha los bloques rodados foliados de granito biotita que tentativamente están asignados al complejo Tres Lagunas fueron observados.

Sin duda, la división Loja es estructuralmente compleja. Los buzamientos y los rumbos son variables; en el oeste los rumbos al NW-SE parecen ser dominantes, pero en el este, los rumbos NE-SW son más comunes. Inmediatamente al oeste del Río El Retiro están presentes milonitas con buzamiento al oeste y que tienen una fuerte lineación mineral E-O. Estas rocas marcan una falla de corrimiento, la que es con toda probabilidad una de las muchas que ocurren dentro de esta secuencia.

2.3 Faja volcánica/volcanoclástica

La faja de rocas consiste principalmente de rocas volcánicas foliadas y rocas volcanosedimentarias y puede también incluir grauvacas y pequeñas cantidades de filitas y cuarcitas impuras.

Aunque esta secuencia no está particularmente bien expuesta, las rocas miloníticas, que marcan en la superficie zonas cizalladas son comunes. Los buzamientos son generalmente al oeste y norte, con rumbo al norte y noroeste. En el aspecto tectónico, esta faja está interpretada estructuralmente como yaciendo bajo de la división Loja, pero debido a la presencia de inclinación al oeste de ángulo alto de falla inversa, ésta yace sobre la Formación Napo en la zona Subandina.

En el extremo oeste de la faja afloramientos de intrusivos alterados foliados (inmediatamente al oeste del Río Cugusha) están presentes.

2.4 Formación Napo

Afloramientos de filitas negras que están presentes en el extremo oriental cerca al Río Colimbo son consideradas como pertenecientes a la Formación Napo. Esta asunción no está probada, pero estas rocas tienen una historia estructural menos compleja que aquellas descritas previamente y aún son consideradas más jóvenes, i.e. Cretácicas en edad.

A lo largo de la ruta que conduce a Macas, pero al oeste del Río Abanico la Formación Napo es extensivamente metamorfizada debido a la presencia de intrusivos jóvenes.

2.5 Rocas jóvenes

2.5.1 Rocas sedimentarias (Ts)

Inmediatamente al norte de la Laguna Atillo aflora una secuencia de arenisca de canal y limolita inmadura rica en materia orgánica. Estas rocas no han sido descritas previamente, pero se asume que son Terciarias en edad. Regionalmente ellas parecen sobrepuestas a la división Alao-Paute al este y están así mismas sobrepuestas informalmente por volcánicos jóvenes al oeste.



Estas rocas no están metamorfizadas y una sola muestra fue recogida, la que contiene restos bien preservados de pescado. Esta muestra junto con otra capa rica en materia orgánica ha sido enviada a UK para su determinación paleontológica.

2.5.2 Volcánicos terciarios

En el oeste cerca de Atillo volcánicos jóvenes (?Plio-Pleistoceno) cubren la mayoría del área. Se asume que pertenecen a la Formación Tarqui.

Cerca de Purshi y San Vicente están presentes lavas jóvenes y de composición dominantemente andesítica y dacítica y posiblemente relacionadas con el Sangay.

Afloramientos principalmente de intrusivos jóvenes félsicos – diques – fueron observados a lo largo de la travesía, los cuales son comunes cerca de las márgenes del plutón del Río Salado.

2.5.3 Intrusivos terciarios

El rango de la composición del plutón del Río Salado varía desde diorita hasta granodiorita y probablemente incluye cantidades menores de leucogranito cerca de su margen occidental. El intrusivo, que contiene hornblenda y biotita, no ha sido datado, pero se asume que es de edad Terciaria. Esta asunción está basada en el hecho de que el plutón no está deformado y contiene xenolitos del basamento metamórfico. También intruye y afecta por metamorfismo de contacto en el extremo oriental a los sedimentos que se cree pertenecen a la Formación Napo.

2.6 Geología Económica

2.6.1 Ocurrencias y potencial económico de minerales metálicos

2.6.1a Oro

Cantidades menores de oro han sido bateadas en el Río Playas, Río Salado Chico y el Río Alshi, pero estos recursos probablemente tienen poco potencial económico.

De acuerdo a los habitantes de la pequeña población de San Vicente, pequeñas cantidades de oro han sido tomadas del sector del Río Upano. Oro también está reportado y trabajado en el Río Abanico, pero el tamaño de estas operaciones no es conocido.

2.6.1b Sulfuros

Pirita y posiblemente cantidades menores de calcopirita son relativamente comunes. Los mejores indicios están asociados con pequeños intrusivos de alto nivel y diques de composición generalmente félsica, especialmente en la zona Subandina y a lo largo de la margen occidental del plutón Salado.

La pirita es relativamente común en la división Alao-Paute, pero no es de interés económico.

Al este de Atillo, zonas de alteración pirítica y menores cantidades de sulfuros fueron observadas dentro de la Formación Tarqui (también ver 2.6.2a).

2.6.2 Ocurrencias y potencial económico de minerales no-metálicos

2.6.2a Azufre
Al este de Atillo y asociado con zonas de alteración pirítica, menores cantidades de azufre nativo fueron observadas dentro de la Formación Tarqui.

La ocurrencia de azufre y zonas piríticas dentro de la Formación Tarqui es de interés porque estas ocurrencias están localizadas dentro de la faja regional de sulfuros polimetálicos de Altar-San Bartolomé-Peggy.

3. GEOLOGÍA DE LA TRAVESÍA ALAO-HUAMBOYA-PALORA

3.1 Introducción
Afloramientos buenos de rocas más o menos frescas existen al oeste de la travesía entre la Quebrada Lilla y El Placer. Sin embargo, al este de El Placer los afloramientos son muy escasos y la geología (ver Mapa 2) de esta parte está casi totalmente representada por bloques rodados.

3.2 División Alao-Paute
La división Alao-Paute está expuesta en el extremo oeste y consiste principalmente de esquistos verdes y rocas verdes masivas. También incluye cantidades menores de ?metadoleritas, afloramientos que fueron observados al este del puente que cruza el Río Alao a lo largo del camino que conduce a la Laguna Negra.

Como es común en otras partes de la cordillera, el desarrollo de la esquistosidad dentro de los metavolcánicos Alao-Paute está principalmente relacionado con cizalla. La lineación mineral asociada a estos cizallamientos es generalmente paralela al rumbo (i.e. ca. N-S) y tiene una inclinación moderada, con frecuencia al norte. Los buzamientos estructurales son generalmente verticales a muy inclinados.

3.3 División Loja
Al este de la división Alao-Paute, fue vista en el campo una faja angosta de aproximadamente 2 km de ancho, compuesta de rocas de esquistos cuarzosos las que contienen biotita ± clorita ± feldespato. Por el momento estas rocas están asignadas a la división Loja, pero para la confirmación final debemos esperar los resultados de los análisis de láminas delgadas.

Esta faja tiene un rumbo N-S, con inclinación moderada a muy inclinada al occidente y está caracterizada por la presencia de numerosas zonas cizalladas.

3.4 Conjunto Tres Lagunas

Rocas plutónicas foliadas del conjunto Tres Lagunas están expuestas principalmente al oeste de la Loma Magdalena y en otros lugares, su presencia está inferida largamente hallándose presentes numerosos bloques rodados.

Básicamente estas rocas consisten de granitos y granodioritas de grano medio a grueso foliados que contienen biotita ± moscovita. Son comunes las variedades porfiríticas y normalmente los megacristales consisten de ortoclasa de color azul-gris. Frecuentemente el cuarzo es de color azul pálido.

El rumbo de la faja es consistente, más o menos a N-S, con buzamientos verticales a muy inclinados al occidente. Las rocas, que son dominantemente ortogneis, son consideradas como milonitas de tipo S-C (Berthé et al., 1979) y resultan de la deformación no co-axial de zonas mayores de cizallamiento dentro de la corteza. Sin embargo, se requiere de estudios más detallados para confirmar el sentido del movimiento a lo largo de estas zonas de cizallamiento.

3.5 Complejo Azafrán

Los límites de esta faja están pobremente definidos debido a la casi completa falta de afloramientos. Sin embargo, como se indica en el mapa de travesía, el Complejo de Azafrán es extenso y como es mapeado al momento contiene una variedad de tipos de rocas, está dominado por rocas plutónicas foliadas de grano fino a medio y de composición granodiorita a diorita. La hornblenda y biotita está ampliamente distribuida. Son relativamente comunes las granodioritas ± biotita idénticas en muestra de mano a las del metaplutón Chingual que ahora es considerado como la extensión norte del Complejo de Azafrán, cerca de la frontera con Colombia (Litherland, com. pers.).

En el oeste, rodados de paragneis con granate son comunes y estos han sido incluidos dentro del Complejo de Azafrán. Sin embargo, se notará que, aunque han sido observados xenolitos de paragneis en bloques rodados del plutón de Azafrán, es también posible que estas rocas puedan ser los equivalentes de grado alto de la división Loja y por lo tanto puedan ser iguales a rocas similares que fueron observadas en la travesía Atillo-Macas (Río Abanico). Es de interés notar que granates euhedrales de hasta 1-2 cm fueron recolectados de un bloque en el Río Collanes. En el Río Cristal están presentes también turmalina contenida en aplitas y pegmatitas.

Hay poca información estructural disponible sobre el Complejo de Azafrán, sin embargo, basados en los pocos afloramientos presentes, la foliación es de rumbo andino con inclinaciones variables, pero generalmente al oeste.

3.6 Faja metasedimentaria de bajo grado

En el extremo este de la travesía, en Loma Tiririco, una serie de rocas sedimentarias de bajo grado están expuestas. Éstas consisten de areniscas tobáceas pobremente clasificadas y limolitas, probablemente también incluyen filitas de color oscuro.

Un solo afloramiento de grauvaca inmadura de grano medio, pirítica y rica en material volcánico también fue visto en el Río Palora, aguas arriba del Río Bernardo.

Estas rocas han sido agrupadas en un solo conjunto, pero al momento el estado de las mismas es incierto.

3.7 Volcánicos jóvenes

En muchos ríos fueron observados bloques rodados de volcánicos jóvenes de composición andesítica, dacítica y félsica. Se asume que estas rocas son probablemente de edad Plio-Pleistoceno y que son especialmente comunes en el este, i.e. aguas abajo de la unión del Río Encantado, fueron obtenidas de una serie de intrusivos pequeños (stocks y domos) los que forman la morfología prominente de esta área.

3.8 Depósitos coluviales y aluviales

En el este están presentes grandes depósitos aluviales y terrazas, el límite principal está basado en la interpretación de fotografías aéreas, y se indica en el mapa de travesía adjunto.

Además, al este de El Placer, están presentes depósitos “estrechos” de coluviales y aluviales, en el Valle del Río Palora, no se indican los límites.

3.9 Geología Económica

3.9.1 Oro

Oro aluvial es común en el Río Palora, especialmente aguas abajo del Río Coco, y también en el Río Sangay.

Según los colonos, el oro también está presente en el Río Coco. Fueron bateadas cantidades menores en el Río Collanes y fueron obtenidas muestras razonables (3-4 chispas/batea) del Río Bernardo.

3.9.2 Sulfuros polimetálicos

Fueron observadas vetas de cuarzo (ca. 0.5-1 m de ancho) cerca de la Laguna Negra y también en el oeste de la Loma Magdalena llevando sulfuros polimetálicos. Fueron identificados en el campo: galena, esfalerita, pirita?, y calcopirita. Ha sido enviada una muestra de la veta Magdalena para análisis químico.

3.9.3 Mineralización de sulfuros

Aproximadamente a 0.5 km al este del Río Lilla, una zona de falla mineralizada en la división Alao-Paute cruza el camino que conduce a la Laguna Negra. Un túnel viejo sigue por esta zona al norte de la carretera por ca. de 5m. La zona contiene sulfuros diseminados, principalmente pirita, pero no fue observado mineral masivo.

Esta misma zona continúa al sur del Río Alao, donde se puede ver sulfuros oxidados y de acuerdo a nuestros guías también afloran a la superficie en el norte.

3.9.4 Granate y turmalina

Granates son comunes en los Ríos Cristal y Collanes, especialmente en el Río Collanes son de gran dimensión (1-2 cm) euhedrales y de color rojo obscuro.

Las turmalinas también están presentes en el Río Cristal. Estos minerales son de interés mineralógico y no económico.

3.10 Potencial mineral

3.10.1 Oro

El oro es trabajado en la parte baja de los Ríos Sangay y Palora. Como se indica en el mapa de travesía, están presentes terrazas en esta área y éstas podrían tener potencial para la extracción de oro aluvial.

Igualmente, la zona río arriba, e incluyendo, el Río Coco puede ser considerado como un buen potencial para minería de oro en roca.

La fuente de oro es desconocida, sin embargo, el aumento abrupto de oro aluvial en el Río Palora en el alrededor del Río Coco, podría sugerir una fuente probable dentro del área general. Basado en observaciones del campo, el aumento de oro corresponde a un aumento en los rodados de volcánicos y subvolcánicos félsicos y dacíticos que están inferidos para formar una serie de rangos morfológicos prominentes en esta área.

Debería recordarse que los Ríos Coco, Sangay y Palora están dentro del Parque Nacional Sangay.

3.10.2 Sulfuros polimetálicos

Las ocurrencias de sulfuros polimetálicos cerca de la Laguna Negra y la mineralización asociada con la zona de cizalla de la división Alao-Paute son de interés regional, aunque por si mismas probablemente tengan poco interés económico.

Se considera que esta mineralización representa parte de la faja polimetálica regional de Altar-San Bartolomé-Peggy, referida en el Informe Anual del Proyecto anterior. Probablemente será llevado a cabo un estudio geoquímico regional sobre toda la faja, para conocer el potencial económico de esta área.

4. REFERENCIAS

D. BERTHÉ et al. (1979) Orthogneiss, mylonite and non-coaxial deformation of granites: the example of the South American Shear Zone. Journal of Structural Geology. Vol. 1, No. 1, pp. 31 to 42.

Dr. John Aspden
PROYECTO CORDILLERA REAL

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 01271

APÉNDICE 1g

QUITO, MARZO 08, 1990

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : ING. RAMIRO BERMÚDEZ y DR. JOHN ASPDEN

ASUNTO : Informe Técnico de la comisión efectuada a las Provincias de Azuay, Morona Santiago y Chimborazo del 23 de enero al 04 de febrero de 1990.

SUMARIO:

El Proyecto de Asistencia Técnica del Reino Unido-INEMIN que estudia la Cordillera Real efectuó la presente comisión de servicios a fin de visitar varios puntos en la zona sur y suroriental del país y correlacionarlas dentro del marco geológico-estructural preestablecido por el Proyecto.

Cabe enfatizar que en los sectores que presentan zonas de fallamiento se trató de: determinar el sentido del movimiento de las mismas 'in situ' o tomar muestras orientadas para su estudio a través del microscopio (Mina Peggy, Sta. Teresita-La Punta, Baños, etc.).

Se confirmó la presencia de rocas tipo Tampanchi (bloques) cerca de la parroquia Azul, las cuales fueron reportadas por la Misión Belga (com. verbal).

Se recolectó alrededor de 20 muestras de roca, 5 de sedimentos fluviales y 3 de sedimentos pesados; para su respectivo estudio. No se obtuvo en el bateado la presencia de oro (?), ni de minerales pesados económicos relevantes (?).

Originalmente, de acuerdo al itinerario presentado en la solicitud respectiva (No. 1658), no se cumplió en su totalidad debido a factores ajenas a los integrantes de la comisión como: el mal tiempo en las zonas, ríos crecidos en su caudal, falta de colaboración de las personas (Parque Nacional Sangay-Río Illushin, Osogochi, etc.).

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo
Estudio geológico-estructural y toma de muestras de roca, sedimentos fluviales y pesados. Especial énfasis en estudios preliminares de indicadores cinemáticos.

1.2 Personal asignado
La comisión estuvo conformada por:

Ing. Ramiro Bermúdez (INEMIN)
Dr. John Aspden (ODA/BGS)
Sr. Víctor Vega (chofer/INEMIN)

Se utilizó como transporte el Jeep Land Rover AT-0272 perteneciente a la Misión.

1.3 Aspectos geográficos
Las áreas investigadas se localizan al sur, sureste y este-sur-este de Quito; respectivamente pertenecen a Cuenca (Azuay), Sucúa (Macas) y Palora (Morona Santiago).

1.4 Clima y vegetación
Básicamente, las áreas visitadas están en relación directa con las cotas así: de 2700 msnm y 3500 msnm (Sigsig-Principal-Azul, etc.), con clima temperado andino a frío andino con temperaturas que fluctúan entre los 8° y 12° centígrados aproximadamente; y de 880 msnm a 2500 msnm (Macas, Baños, etc.) con clima tropical a templado subtropical. La vegetación está en íntima relación con el clima; en las zonas altas la vegetación es típica de páramo: pajonales, chaparro, con cultivos de papas, cebada, etc.; y en las zonas bajas tenemos grandes cultivos de cítricos, caña, etc., localizándose en esta área las plantaciones de té (Palora).

1.5 Hidrografía
Los principales ejes hidrográficos en las áreas visitadas son: Río Santa Bárbara, Río Pastaza, Río Illushin, Río Tutanangoza, Río El Ojal, etc.

1.6 Trabajos anteriores
Hojas geológicas 1:100000; Alausí (71) 1975, Riobamba (70) 1978 y Baños (88) 1980; hojas en las cuales se realizó mapeo de las rocas metamórficas de la Cordillera.

Además, fundamentalmente se utilizó la información obtenida por el Proyecto en los 3 primeros años de investigación (Primer 1987, Segundo 1988, Tercer 1989, Informes Anuales del Proyecto Cordillera Real).

1.7 Metodología de trabajo

Se utilizó Hojas Censales 1:50000 pertenecientes a Huambi, Sucúa, Macas, Palora; y topográficas de Sigsig, Guachapala, etc. editadas por el IGM y fotografías aéreas 1:60000 que cubren el área.

La metodología de trabajo fue:

- Observaciones geológicas y estructurales "in situ".
- Determinación de la dirección de movimiento de zonas de falla.
- Recolección de muestras de roca y sedimentos pesados y fluviales.

1.8 Geomorfología

La geomorfología de las áreas visitadas se caracteriza por presentar zonas con pendientes pronunciadas y zonas con pendientes suaves.

1.9 Población

Los habitantes del área, incluidas las comunidades están dedicadas a labores agrícolas, ganaderas y de pastoreo. La mayor concentración de la población se localiza en Sigsig, Azul, Sucúa, Palora, etc.

1.10 Usos del suelo

En el área un alto porcentaje del suelo está dedicado a labores agrícolas y ganaderas.

En ciertas áreas se utilizan los materiales existentes para el afirmado y mantenimiento de las vías.

2. GEOLOGÍA

En el primer día de la comisión, se efectuó varios chequeos en el campo en la zona al este de Cuenca:

2.1 Carretera Cuenca-Santa Ana-San Bartolomé

Posibles afloramientos de basamento (Gualaceo y Sigsig, Hojas topográficas 1:50000).

El Proyecto ha recibido reportes no confirmados de pequeños afloramientos de rocas (metamórficas) mineralizadas y han sido ubicadas por la carretera Cuenca-Sta. Ana (Hoja de Gualaceo, coordenadas: 7297-96752), no encontramos afloramientos de rocas metamórficas por esta carretera, ni tampoco vimos bloques rodados de rocas metamórficas en el Río Quingeo (Hoja de Gualaceo, coordenadas: 7297-96752).

2.2 Rocas 'tipo Tampanchi'
Cerca de El Azul (Guachapala, 1:50000 Hoja topográfica).

Cerca de la parroquia El Azul (coordenadas 752-9698). Esas rocas son muy similares en muestras de mano a las que ocurren en el complejo de Tampanchi, ubicadas unos pocos kilómetros al norte (ver 2do Informe Anual del Proyecto, 1987-1988, p. 12), pero frecuentemente están cortadas y a veces brechadas por la presencia de feldespatos rosados que tienen cristales con intercrecimiento. Inmediatamente antes de la Quebrada El Azul y expuestos por la carretera se encuentran afloramientos de una tonalita tomada por diorita-biotítica-foliada, la relación de esta roca y las hornblenditas es desconocida?.

Las rocas de El Azul fueron descubiertas por la Misión Belga, y según el Ing. Quevedo (com. verbal), rocas similares están presentes como bloques al este del pueblo de Shumir (Azogues, 1:50000 Hoja topográfica, 7479-96898).

2.3 Indicadores cinemáticos
Para los estudios preliminares de los indicadores cinemáticos por el frente Baños (al sur de Sigsig), empleamos medio día buscando evidencias megascópicas, por la vía a la Mina Peggy. El alto nivel de agua por el Río Santa Bárbara impidió el estudio de los afloramientos 'limpios' del Batolito deformado Tres Lagunas, expuestos los afloramientos abajo de la mina Peggy, por la orilla del Río Santa Bárbara, aunque observaciones de lineaciones de mineral en varios puntos por el camino sugirieron que los movimientos principales por este sector del frente Baños fueron del tipo 'dip-slip', esto no tenía mayor componente transcurrente. En un solo afloramiento de roca milonítica de la división Alao-Paute, 'ojos' de cuarzo rotados muy bien preservados con 'colas' fueron observados, esas estructuras indicaron un sentido de movimiento dextral con la división Alao-Paute sobrecorrida del noroeste al sureste.

Hay que enfatizar que este trabajo es preliminar y hay que efectuar estudios más detallados por este sector y también para otros en la Cordillera Real para entender bien la historia estructural compleja del frente Baños.

2.4 Río Tutanangoza-Río Ojal
Antecedentes: este sector se halla dentro de la hoja geológica Sucúa (en proceso) 1:100000, Verset y Lascano.

2.5 Rocas metamórficas
Conjunto metavolcánico-volcanosedimentario.

Este conjunto consiste principalmente de rocas metavolcánicas y metavolcanosedimentarias, también incluye cantidades menores de rocas metasedimentarias, además de filitas obscuras con más o menos grafito y rocas semipelíticas. Por el momento no tenemos láminas delgadas de estas rocas, pero parece que éstas pertenecen a la facies de esquistos verdes.



Hacia el este la secuencia está expuesta aproximadamente 3 km al este desde el Río Nayembayme, pero está distante de la Cordillera Real por un paquete angosto fallado de las Formaciones Hollín y Napo. Al este del Río Cunguentza Chico los afloramientos son muy pocos, aunque existen numerosos bloques de rocas metavolcánicas /volcanosedimentarias y metasedimentos que están presentes en los depósitos de terraza los cuales ocurren en esta zona, el grado de metamorfismo y el aspecto general de estas rocas es similar a los que ocurren al este, por esta razón hemos incluido los mismos en esta secuencia.

Como se puede ver en el Mapa 1, las medidas de estas rocas tienen algo de variación, pero en general la foliación tiene el rumbo de la Cordillera y los buzamientos son generalmente al oeste, pero varían de moderados a muy inclinados.

Hacia el este, rocas miloníticas son comunes y ellas tienen lineaciones de minerales con el rumbo de la cordillera e inclinaciones moderadas a suaves.

2.6 Formaciones Hollín/Napo/Tena

No tenemos dataciones de estas Formaciones, pero son identificadas litológicamente.

Aproximadamente a medio kilómetro al este del Río Cunguentza Chico y por 2 km del Río Nayembayme, fueron observadas cuarcitas pálidas que pertenecen a la Fm. Hollín, están tectónicamente interestratificadas con lutitas negras de la Fm. Napo. En este último ejemplo se puede ver cinco repeticiones de cuarcitas o areniscas de la Fm. Hollín, c/u de 2-3 m de ancho y separadas por un espesor similar de lutitas negras de la Fm. Napo, esta observación sugiere un nivel superficial de sobrecorrimiento (‘*thin skinning*’), probablemente está presente no solamente en la base de la Fm. Hollín, sino también dentro de la Formación misma.

Adicionalmente a las Formaciones Hollín y Napo, unas areniscas de color rojo y alteradas y lutitas rojas están presentes y son comunes en el extremo oriental de la ‘travesía’. Esas rocas no fueron estudiadas a detalle, pero pensamos que pertenecen a la Formación Tena.

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

3.1 Ocurrencias de minerales metálicos

Los resultados de los análisis de las muestras de fluviales y sedimentos pesados no constan debido a que se enviaron para su preparación, posteriormente se contará con aquellos resultados.

3.1.1 Oro

No se observó en el bateado la presencia de oro, ni rasgos de alteración en las rocas ni en los bloques rodados.

Según la gente de la zona, oro aluvial es trabajado esporádicamente en el Río Tutanangoza (Sta. Teresita).

3.1.2 Pirita

Se observa pirita cristalizada (cúbica) de un medio centímetro en los sedimentos de la Formación Napo.

3.2 Potencial mineral

Se considera que las zonas visitadas no tienen mayor potencial mineral económico.

3.2.1 Río Illushin

Se verificó la presencia de oro en el Río Illushin y que en época de verano normalmente trabajan más de veinte personas a lo largo del Río (± 2 km aguas arriba de la confluencia con el Río Pastaza, comunicación verbal de las personas del lugar).

Debido al mal tiempo y a que el río estaba crecido, no se pudo avanzar hasta el Río Iyuime, aguas arriba.

3.2.2 Carretera Puyo-Baños

Se empleó casi medio día tratando de ubicar los indicadores cinemáticos en la carretera Baños, en el complejo plutónico deformado de Azafrán. Muchas fallas verticales y subverticales (zonas de fallamiento) cortan al complejo de Azafrán, el cual se puede considerar compuesto de milonita S-C de tipo-I (Lister y Snoke, 1982), lineaciones de minerales observados en la superficie de foliación, generalmente tienen buzamientos al sur y varían desde moderados a subhorizontales, esta observación sugiere que estas rocas formaban esencialmente un régimen oblicuo de fallas transcurrentes los cuales tienen un componente importante de ‘dip-slip’.

No se observó evidencias claras megascópicas en el campo por el sentido del movimiento de estas fallas dextral o sinistral, pero se recolectó muestras orientadas para su estudio microscópico.

4. REFERENCIAS

LISTER G. S. and SNOKE A. W. (1984) S.C mylonites. Journal of Structural Geology, Vol. 6, 617-638.

Ing. Ramiro Bermúdez Dr. John A. Aspden

APÉNDICE 2

Programa de geocronología (Fase II) (2a-2c)

S. H. Harrison y C. C. Rundle

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

APÉNDICE 2a

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY
TECHNICAL REPORT WC/89/10/R
Overseas Directorate Visit Report Series

REPORTE TÉCNICO WC/89/10/R

Informe de la visita al Ecuador
Muestreo geocronológico, Fase II

11 de enero – 30 de marzo, 1989

Stephen M. Harrison

Este informe fue preparado para ODA (Overseas Development Administration)

Referencia Bibliográfica

Harrison S. M. (1989) Report on a visit to Ecuador. Geochronology Sampling, Phase II. [Informe de la visita al Ecuador. Muestreo geocronológico, Fase II]. *British Geological Survey Technical Report WC/89/10/R*. Traducción al español por Stalyn Paucar (2021).

Keyworth, Nottingham. British Geological Survey, 1989

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

1. DIARIO DE EVENTOS (1989)

Enero	
11	Vuelo desde Heathrow hacia Miami. Pasar la noche en Miami.
12	Vuelo de Miami hacia Quito, Ecuador.
13	Visita a las oficinas de INEMIN, reunión con el personal del proyecto y discusión de los detalles del trabajo de campo y laboratorio
14-15	Fin de semana.
16	Planificación y preparación en las oficinas de INEMIN para el trabajo de campo.
17	Viaje en auto desde Quito hacia Tena, muestreo de gneises granatíferos en Papallacta y de rocas volcánicas Misahuallí cerca de Archidona. Pasar la noche en Tena
18	Viaje en auto desde Tena hacia Baños, deteniéndose para recolectar una muestra grande del granito de Azafrán para datación U-Pb de circón. Se intentó viajar desde Baños directamente hacia Cuenca, pero la vía estaba bloqueada en Cañar y tuvimos que pasar la noche en Alausí
19	Viaje en auto desde Alausí hacia Machala para trabajar en la provincia de El Oro. Pasar la noche en Machala.
20	Viaje en auto desde Machala a Las Balsas y Marcabelí en la parte central de El Oro. Muestreo del plutón Marcabelí. Conducir de regreso a Santa Rosa para pasar la noche ahí.
21	Viaje en auto desde Santa Rosa hacia Arenillas para muestrear la anfibolita. Continuar hacia la Bocana y muestrear los gneises migmatíticos granatíferos del Grupo Tahuín. Conducir de regreso a Santa Rosa para pasar la noche ahí.
22	Viaje en auto desde Santa Rosa hacia Loja. Deteniéndose en Portovelo para recolectar muestras de anfibolita. Pasar la noche en Loja.
23	Viaje en auto desde Loja hacia Valladolid. Muestreo de un conjunto de rocas metaplutónicas y un conjunto de gneises migmatíticos granatíferos del complejo metamórfico Sabanilla. Conducir de regreso a Loja para pasar la noche ahí.
24	Viaje en auto desde Loja hacia Malacatos. Recolección de un conjunto de rocas de uno de los plutones Tres Lagunas expuestos unos pocos kilómetros al norte de Malacatos. Retorno a Loja.
25	Viaje en auto desde Loja hacia Zamora. Recolección de muestras del ortogneis migmatítico del complejo Sabanilla. Continuar hacia Yantzaza y aguas arriba del valle del Río Chicaña para muestrear las dioritas hornbléndicas que se cree forman parte del Batolito Zamora. Regreso a Yantzaza para pasar la noche.

26	Viaje en auto desde Yantzaza hacia Saraguro vía Zamora y Loja. Búsqueda de más rocas del complejo Sabanilla, pero no se recolectó alguna. Pasar la noche en Saraguro.
27	Alquiler de dos mulas y contrato de dos guías para caminar hacia el este desde la vía principal al norte de Saraguro y alcanzar un sitio de campamento justo al oeste de Tres Lagunas.
28	Muestreo del granito de cuarzo Azul Tres Lagunas en su localidad tipo. Pasar la noche en el mismo campamento.
29	Levantamiento de campamento y caminata de regreso hacia la vía principal. Retorno a Saraguro para pasar la noche.
30	Viaje en auto desde Saraguro hacia Cuenca. No se recolectó muestras. Pasar la noche en Cuenca.
31	Viaje en auto desde Cuenca hacia Mina Peggy y recolección de más muestras del conjunto Tres Lagunas. Retorno a Cuenca para pasar la noche.

Febrero	
01	Viaje en auto desde Cuenca hacia Tampanchi muestreando un gabro hornbléndico que se encuentra dentro de las rocas volcánicas Alao-Paute. Luego viaje en auto hacia Riobamba para pasar la noche.
02	Viaje en auto desde Riobamba hacia Quito, finalizando el trabajo de campo.
03-28	Trabajo en Quito en los laboratorios de INEMIN en Chillogallo preparando las muestras de roca.

Marzo	
01-05	Trabajo en Quito en los laboratorios de INEMIN en Chillogallo preparando las muestras de roca.
06-19	Libre
20	Vuelo desde Quito hacia Cuenca y luego viaje en Landrover hacia Paute y más al este hacia el valle del Río Paute para recolectar rocas granatíferas de una secuencia mixta de rocas metasedimentarias y metavolcánicas. Retorno a Cuenca para pasar la noche.
21-27	Libre
28	Visita a las oficinas de INEMIN para las discusiones finales con el personal del proyecto
29	Vuelo hacia UK vía Miami
30	Arribo a Gatwick a medio día

2. Introducción

Este reporte detalla el trabajo realizado durante la segunda fase del muestreo geocronológico en Ecuador entre el 12 de enero y 29 de marzo de 1989. El trabajo es parte del proyecto de cooperación técnica de ODA entre BGS e INEMIN (Instituto Ecuatoriano de Minería), sobre la geología de la Cordillera Real (BGS Overseas Division Project 14BJ).

La primera fase de este programa de muestreo geocronológico fue llevado a efecto por el Dr. C. C. Rundle (Rundle, 1987a) en abril y junio de 1987. Las muestras recolectadas durante este periodo corresponden principalmente a los plutones mayores y fueron datadas usando los métodos Rb-Sr roca total y K-Ar mineral (ver los resultados analíticos de este trabajo en Rundle, 1987b y Rundle, 1988).

El objetivo de esta segunda fase de este programa fue recolectar muestras, en primer lugar, de los plutones restantes que no han sido datados previamente y, en segundo lugar, de rocas metamórficas granatíferas. Las rocas plutónicas serán datadas por una combinación de los análisis Rb-Sr roca-total y K-Ar mineral, mientras que las rocas metamórficas serán datadas por análisis Sm-Nd en pares de granate-roca total.

Este trabajo fue realizado a petición de los Drs. Litherland y Aspden (personal de BGS en comisión de servicios en Ecuador) para fundamentar las observaciones geológicas de campo. Al igual que el anterior programa de muestreo, la selección de unidades de roca y las posibles localidades de muestreo fueron realizadas por tales geólogos. Una vez recolectadas las muestras, éstas fueron trituradas y tamizadas en los laboratorios de INEMIN, al sur de Quito. El trabajo isotópico será realizado en NERC Isotope Geology Centre (NIGC) en Londres.

3. Marco geológico

Los andes ecuatorianos tienen menos de 150 km de ancho y se encuentran en la parte central del Ecuador, con las tierras bajas costeras (la Costa) al oeste y, la selva Amazónica (el Oriente) al este. Dos cordilleras paralelas conforman a los Andes ecuatorianos: al oeste la Cordillera Occidental y la Cordillera Real al este. En la parte central y septentrional del Ecuador éstas son separadas por la Depresión Interandina (Fig. 1).

El Proyecto Cordillera Real está interesado principalmente en la geología de los Andes ecuatorianos orientales. Aquí se presenta un breve resumen de la geología de esta región basado en el trabajo de los Drs. Litherland y Aspden (Litherland, 1988).



Figura 1. Mapa borrador del Ecuador mostrando las principales ciudades y vías.

Dos zonas de fallas mayores, el frente Baños y el frente Subandino, delinean divisiones tectónicas: las fajas Occidental, Central y Oriental (Fig. 2). La faja Occidental está compuesta por sedimentos y lavas del Mesozoico Tardío y Cenozoico, aquí la unidad más importante es la Alao-Paute que se cree representa una parte de un arco de islas de edad jurásica acrecionado. La faja central abarca gneises migmatíticos, varias rocas meta-sedimentarias de grado metamórfico bajo, un conjunto de granitos biotíticos de cuarzo azul predominantemente deformados y con características tipo-S (Conjunto Tres Lagunas), y tradicionales granitoides tipo-I biotíticos-hornbléndicos localmente foliados del Batolito Azafrán. La faja Oriental está caracterizada por otros dos batolitos granitoides con propiedades tipo-I: los batolitos Abitagua (en el norte) y Zamora (en el sur). Dentro de este cinturón se presentan otros tipos de rocas de Formaciones sedimentarias con edades desde el Paleozoico Tardío hacia el Cretácico. Tanto en la faja Central como Oriental existen pequeños plutones no deformados de granitoides biotíticos-hornbléndicos.

Rundle (1987b; 1988) indicó que los batolitos Abitagua y Zamora son del Jurásico Inferior a Medio. El batolito Azafrán entregó una edad del Cretácico (120 ± 5 Ma) por el método Rb-Sr roca-total, aunque una muestra, que se pensaba pertenecía a esta misma intrusión, proporcionó edades concordantes K-Ar de biotita y hornblenda de 171 ± 5 Ma y 176 ± 5 Ma respectivamente. Algunos de los plutones no deformados tienen edades del Terciario. La edad del conjunto Tres Lagunas y las rocas metamórficas es desconocida.

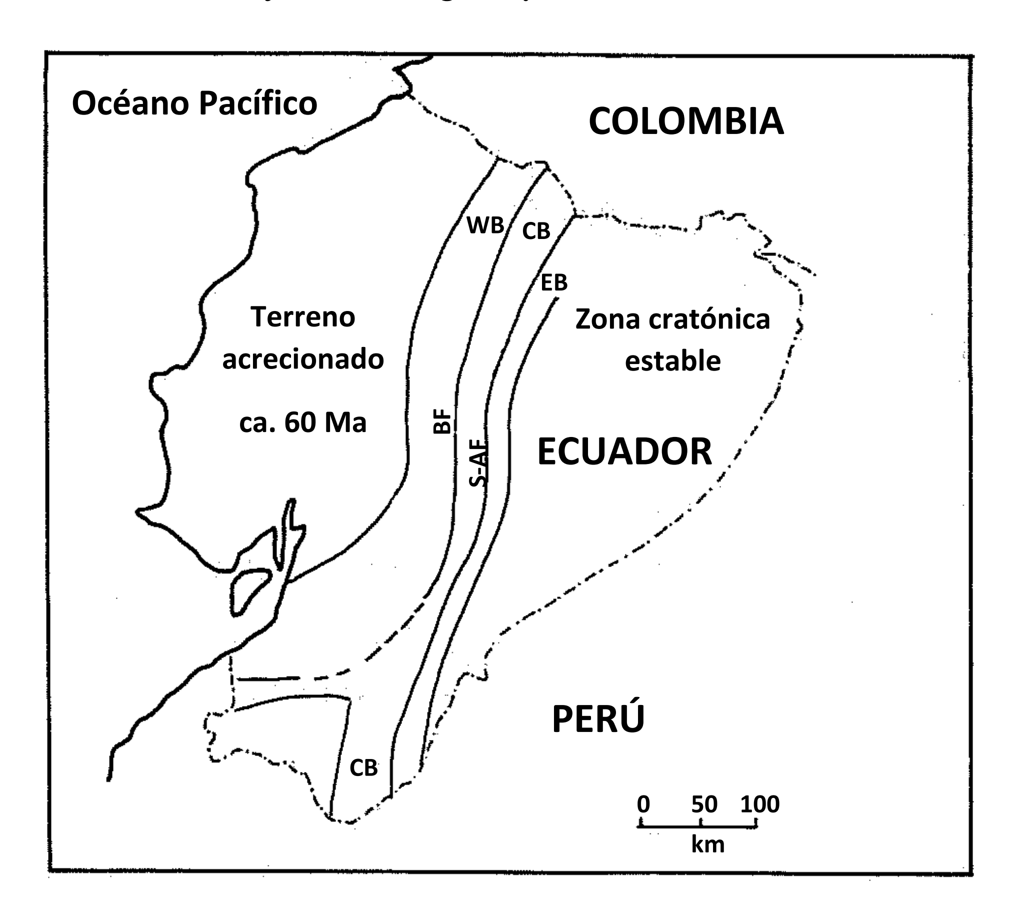


Figura 2. Divisiones litológicas/tectónicas provisionales de la Cordillera Real y su posible extensión suroccidental en la provincia de El Oro, basado en Litherland (1988).
WB – faja Occidental; **CB** – faja Central; **EB** – faja Oriental
BF – frente Baños; **S-AF** – frente Subandino

4. Trabajo de campo

La parte principal del trabajo de campo fue realizada en un periodo de tres semanas (17 de enero a 02 de febrero, 1989). El 20 de marzo se llevó a cabo una jornada de muestreo. Durante esta actividad el autor estuvo acompañado y guiado por el Dr. Aspden y el geólogo de la contraparte ecuatoriana de INEMIN el Ing. F. Viteri S. Se contó con el apoyo de dos conductores de INEMIN, los que también fueron responsables de la perforación de rocas y de las voladuras con dinamita. Se usaron dos vehículos para el trabajo de campo: el Landrover de ODA y una camioneta pick-up de INEMIN.

Casi todas las localidades visitadas fueron secciones de vía o, bancos de arroyos y ríos que cortaban o eran adyacentes a las vías. Aunque algunos sitios alejados de las vías hubiesen sido mejores lugares de muestreo, tales travesías consumen mucho tiempo y son logísticamente difíciles de organizar debido a que se requiere de guías y mulas. Sólo una vez se realizó tal viaje. Debido a la intensa meteorización, en la mayoría de localidades era necesario usar explosivos para obtener rocas frescas, pero donde fuese posible también se usó la almádena (combo).

Fueron recolectadas 84 muestras durante las tres semanas de campo y otras 5 muestras el 20 de marzo. También se añadieron a la colección otras 10 muestras anteriormente recolectadas por el Dr. Aspden y el Ing. F. Viteri S., es decir, un total de 99 muestras para las dataciones radiométricas.

5. Preparación de las rocas

Al final del trabajo de campo todas las muestras fueron llevadas a los laboratorios de INEMIN en Chillogallo para ser trituradas y, cuando fue necesario la separación mineral, tamizadas. Las muestras fueron limpiadas con un cepillo de acero antes de ser quebrantadas usando un martillo y un yunque. Luego los pedazos fueron insertados en una trituradora de mandíbulas y en molinos de rodillos. Las muestras para el análisis Rb-Sr roca total fueron pulverizadas en un molino oscilante de carburo de tungsteno usando porciones representativas de 200 g obtenidas al pasar la muestra granular por un divisor de rifles.

Las muestras que requerían una separación mineral fueron trituradas usando el molino de rodillos y luego tamizadas tomando porciones entre las redes de 65 y 200 (74-200 µm) para la separación mineral.

Originalmente estaba planificado que la separación mineral también se la realice en Ecuador usando un *super-panner*. Sin embargo, éste no estaba en funcionamiento durante la visita del autor, de modo que toda la separación mineral fue realizada en UK.

Los 200 g de muestra pulverizada para el análisis de Rb-Sr roca total fueron enviados a UK vía valija diplomática, pero las fracciones de grano más grueso para la separación mineral fueron enviadas por carga aérea. Todas las muestras llegaron de forma segura a UK.

6. Resumen

El programa de muestreo fue exitoso con todos sus requerimientos. La trituración y tamizado de las muestras en los laboratorios de INEMIN también fue favorable. Sin embargo, no se llevó a cabo la separación mineral debido a que el *super-panner* estaba fuera de servicio, por lo que esto se realizó en UK.

Se presenta una lista (Tabla 1) de las muestras recolectadas y las técnicas de datación apropiada para cada una de ellas (Tabla 2).

Agradecimientos

Deseo agradecer a John Aspden y a Francisco Viteri por organizar la travesía de campo y guiarme por la geología del Ecuador. Se aprecia mucho el trabajo de Manuel y Bolívar de INEMIN, no sólo por conducir el vehículo, sino también por manipular de forma segura la perforadora de rocas y la dinamita. La preparación de las rocas en los laboratorios de INEMIN no hubiese sido posible sin la considerable ayuda de su personal, estoy en deuda con ellos.

Finalmente me gustaría agradecer a Martin y Lillia Litherland y especialmente a John y Gail Aspden por su cálida hospitalidad que me brindaron durante mi visita en Ecuador.

Referencias

LITHERLAND M. (1987) Cordillera Real Geological Research Project. First Annual Report. British Geological Survey.

LITHERLAND M. (1988) Cordillera Real Geological Research Project. Second Annual Report. British Geological Survey.

RUNDLE C. C. (1987a) Geochronology sampling in Ecuador, 1987. Report No. 87/12. British Geological Survey, Isotope Geology Unit.

RUNDLE C. C. (1987b) Rb-Sr analysis of rocks collected in May/June 1987 for the ODA-funded Cordillera Real Project, Ecuador. Report No. 87/1. NERC Scientific Services, Isotope Geology Centre.

RUNDLE (1988) Potassium-Argon ages for minerals from the Cordillera Real, Ecuador. Report No. 88/7. NERC Scientific Services, Isotope Geology Centre.

Tabla 1a. Lista de muestras recolectadas para dataciones radiométricas

CÓDIGO DE LA MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS	HOJA (1:50000)	OBSERVACIONES
CR/SH/89-01A	Río Chalpi Grande	2470-5978	Papallacta	Anfibolita con granate
CR/SH/89-01B	Río Chalpi Grande	2470-5978	Papallacta	Gneis biotítico-granatífero bandeado
CR/SH/89-01C	Río Chalpi Grande	2470-5978	Papallacta	Gneis máfico con granate y biotita
CR/SH/89-01D	Río Chalpi Grande	2470-5978	Papallacta	Gneis biotítico con granate
CR/SH/89-02A	Archidona		Sardinas	Andesita félsica
CR/SH/89-02B	Archidona	8.5 km desde Jondachi, carretero Hollín-Loreto-Coca	Sardinas	Andesita félsica con hornblenda
CR/SH/89-02C	Río Hollín Chico		Sardinas	Tobas andesíticas con biotita y hornblenda
CR/SH/89-02D	Río Hollín Grande	10.5 km desde Jondanchi, carretera Hollín-Loreto -Coca	Sardinas	Andesita basáltica con hornblenda
CR/SH/89-03	Machay	8036-8449	Baños (censal)	Granito de Azafrán
CR/SH/89-04A	Cantera de balsas	3110-8468	Marcabelí	Monzonita? rica en biotita
CR/SH/89-04B	Cantera de balsas	3110-8468	Marcabelí	Monzonita? rica en biotita
CR/SH/89-04C	Cantera de balsas	3110-8468	Marcabelí	Monzonita? rica en biotita
CR/SH/89-04D	Cantera de balsas	3110-8468	Marcabelí	Monzonita? rica en biotita
CR/SH/89-04E	Cantera de balsas	3110-8468	Marcabelí	Monzonita? rica en biotita
CR/SH/89-04F	SE de Marcabelí Río Puyango	1882-7745	Marcabelí	Granodiorita leucocrática rica en biotita
CR/SH/89-04G	SE de Marcabelí Río Puyango	1882-7745	Marcabelí	Granodiorita leucocrática rica en biotita
CR/SH/89-04H	SE de Marcabelí Río Puyango	1882-7745	Marcabelí	Granodiorita leucocrática rica en biotita
CR/SH/89-04I	SE de Marcabelí Río Puyango	1882-7745	Marcabelí	Granodiorita leucocrática rica en biotita
CR/SH/89-04J	SE de Marcabelí Río Puyango	1882-7745	Marcabelí	Granodiorita leucocrática rica en biotita
CR/SH/89-05A	Arenillas	Arenillas	Arenillas	Anfibolita
CR/SH/89-05B	Arenillas	Arenillas	Arenillas	Anfibolita
CR/SH/89-06A	Sta. Teresita	ap. 9568-2128	La Avanzada	
CR/SH/89-06B	Sta. Teresita	ap. 9568-2128	La Avanzada	
CR/SH/89-06C	Sta. Teresita	ap. 9568-2128	La Avanzada	Gneis migmatítico con granate y biotita “La Bocana”
CR/SH/89-06D	Sta. Teresita	ap. 9568-2128	La Avanzada	
CR/SH/89-06E	Sta. Teresita	ap. 9568-2128	La Avanzada	

CÓDIGO DE LA MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS	HOJA (1:50000)	OBSERVACIONES
CR/SH/89-07A	Río El Negro	2185-9115	Marcabelí	Granodiorita? "La Bocana"
CR/SH/89-07B	Río El Negro	2185-9115	Marcabelí	Pegmatita con cuarzo, turmalina y moscovita
CR/SH/89-08A	Portovelo	Portovelo	Zaruma	Anfibolita pegmatítica
CR/SH/89-08B	Portovelo	Portovelo	Zaruma	Anfibolita
CR/SH/89-09A	cerca de Q. Honda	0551-0632	Yangana	Migmatita
CR/SH/89-09B	cerca de Q. Honda	0551-0632	Yangana	Migmatita
CR/SH/89-09C	cerca de Q. Honda	0551-0632	Yangana	Migmatita
CR/SH/89-09D	cerca de Q. Honda	0551-0632	Yangana	Migmatita
CR/SH/89-09E	cerca de Q. Honda	0551-0632	Yangana	Migmatita
CR/SH/89-09F	cerca de Q. Honda	0551-0632	Yangana	Migmatita
CR/SH/89-09G	Q. Honda	0495-0551	Yangana	Rocas plutónicas foliadas con biotita y xenocristales de cuarzo
CR/SH/89-09H	Q. Honda	0495-0551	Yangana	
CR/SH/89-09I	Q. Honda	0495-0551	Yangana	
CR/SH/89-09J	Río Valladolid	0761-9745	Valladolid	Migmatita con biotita y granate
CR/SH/89-10A	Río Valladolid	0761-9745	Valladolid	Migmatita rica en biotita y con granate
CR/SH/89-10B	Río Valladolid	0761-9745	Valladolid	Migmatita rica en biotita y con granate
CR/SH/89-10C	Río Valladolid	0761-9745	Valladolid	Migmatita rica en biotita y con granate
CR/SH/89-10D	Río Valladolid	0761-9745	Valladolid	Migmatita rica en biotita y con granate
CR/SH/89-11A	Q. La Picota	9172-3940	Nambacola	Conjunto "Tres Lagunas" Granito gneis con biotita, moscovita, en casos turmalina (lado norte del basamento de Malacatos)
CR/SH/89-11B	Q. La Picota	9172-3940	Nambacola	
CR/SH/89-11C	Q. La Picota	9172-3940	Nambacola	
CR/SH/89-11D	Q. La Picota	9172-3940	Nambacola	
CR/SH/89-11E	Q. La Picota	9172-3940	Nambacola	
CR/SH/89-11F	Q. La Picota	9172-3940	Nambacola	
CR/SH/89-11G	Q. Cobalera	ap. 8948-3852	Gonzanamá	
CR/SH/89-11H	Q. Cobalera	ap. 8948-3852	Gonzanamá	
CR/SH/89-11I	Q. Cobalera	ap. 8948-3852	Gonzanamá	

CÓDIGO DE LA MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS	HOJA (1:50000)	OBSERVACIONES
CR/SH/89-12A	Sabanilla	1990-5870	Loja Norte	
CR/SH/89-12B	Sabanilla	1990-5870	Loja Norte	
CR/SH/89-12C	Sabanilla	1990-5870	Loja Norte	
CR/SH/89-12D	Sabanilla	1970-6000	Loja Norte	Migmatita de Sabanilla
CR/SH/89-12E	Sabanilla	1970-6000	Loja Norte	- en casos ortogneis con biotita foliada
CR/SH/89-12F	Sabanilla	1970-6000	Loja Norte	
CR/SH/89-12G	Sabanilla	1970-6000	Loja Norte	- ortogneis máfico rico en biotita
CR/SH/89-12H	Sabanilla	1970-6000	Loja Norte	
CR/SH/89-12I	Sabanilla	1970-6000	Loja Norte	
CR/SH/89-12J	Sabanilla	1970-6000	Loja Norte	
CR/SH/89-13A	Río Chicaña	4348-9269	Yantzaza	Diorita hornbléndica pegmatítica
CR/SH/89-13B	Río Chicaña	4348-9269	Yantzaza	Diorita hornbléndica
CR/SH/89-14A	Río Negro	1285-0522	Saraguro	
CR/SH/89-14B	Río Negro	1285-0522	Saraguro	
CR/SH/89-14C	Río Negro	1285-0522	Saraguro	
CR/SH/89-14D	Río Negro	1285-0522	Saraguro	
CR/SH/89-14E	Río Negro	1285-0522	Saraguro	Conjunto "Tres Lagunas"
CR/SH/89-14F	Río Negro	1285-0522	Saraguro	
CR/SH/89-14G	Río Negro	1285-0522	Saraguro	Granito gneis con biotita, moscovita y megacristales de cuarzo azul
CR/SH/89-14H	Río Negro	1285-0522	Saraguro	
CR/SH/89-14I	Río Negro	1285-0522	Saraguro	
CR/SH/89-14J	Tres Lagunas	1315-0475	Saraguro	
CR/SH/89-14K	Tres Lagunas	1315-0475	Saraguro	
CR/SH/89-15	Río Pichanal	0445-9859	Saraguro	Granodiorita biotítica
CR/SH/89-16A	Sigsig	4765-5768	Sigsig	
CR/SH/89-16B	Sigsig	4765-5768	Sigsig	Conjunto "Tres Lagunas"
CR/SH/89-16C	Sigsig	4765-5768	Sigsig	Granito gneis con cuarzo azul
CR/SH/89-16D	Sigsig	4765-5768	Sigsig	

CÓDIGO DE LA MUESTRA	SECTOR	COORDENADAS	HOJA (1:50000)	OBSERVACIONES
CR/SH/89-17A	Tampanchi	6188-0825	Cola de San Pablo	Gabro hornbléndico
CR/SH/89-17B	Tampanchi	6188-0825	Cola de San Pablo	Pegmatita hornbléndica
CR/SH/89-17C	Tampanchi	6188-0825	Cola de San Pablo	Anfibolita
CR/SH/89-17D	Tampanchi	6188-0825	Cola de San Pablo	Pegmatita hornbléndica
CR/SH/89-18	Los Planes			Andesita hornbléndica
CR/SH/89-19	La Bocana		Marcabelí	Pegmatita con moscovita y turmalina
CR/SH/89-20A	Guarumales, Río Paute			Anfibolitas
CR/SH/89-20B	Guarumales, Río Paute			Anfibolitas
CR/SH/89-21A	Río Paute			Metasedimentos granatíferos
CR/SH/89-21B	Río Paute			Metasedimentos granatíferos
CR/SH/89-21C	Río Paute			Metasedimentos granatíferos
CR/SH/89-22	Río Paute			Granodiorita
CR/SH/89-22	Río Paute			Granodiorita
CR/FV/664-D	Chuquiragua		Amaluza	Granodiorita biotítica
CR/FV/681	Río Canela		La Canela	Granodiorita hornblenda biotítica
CR/FV/815	Portachuela		Laguna Cox	Granito porfídico
CR/FV/819A	Portachuela		Laguna Cox	Granito porfídico
CR/FV/819B	Portachuela		Laguna Cox	Granito porfídico

Tabla 1b. Resumen de las muestras recolectadas para el programa geocronológico enlistando las técnicas de datación planificadas para cada conjunto de rocas

Todas las muestras tienen el prefijo CR/SH/89- excepto por las cuatro últimas, que tienen el prefijo CR/FV/-.
Abreviaciones: gt – granate; hb – hornblenda; bt – biotita; mosc – moscovita; wr – roca total

01	(A – D)	(4)	**Gneises granatíferos**, Papallacta. 10 Sm-Nd 5(gt + wr) y 1 K-Ar (hb)
02	(A – D)	(4)	**Rocas volcánicas Misahuallí**, Archidona. 4 K-Ar (3hb y 1 wr)
03		(1)	**Granodiorita**, Cantera Azafrán. U-Pb (circones)
04	(A – J)	(10)	**Monzonita**, Marcabelí. 10 Rb-Sr (wr) y 4 K-Ar (bt)
05	(A – B)	(2)	**Anfibolita**, Arenillas. 2 K-Ar (hb)
06	(A – E)	(5)	**Gneises granatíferos**, cerca de La Bocana. 10 Sm-Nd 5(gt + wr) y 5 K-Ar (bt)
07	(A – B)	(2)	**Pegmatitas con moscovita**, cerca de La Bocana 3 K-Ar (2 mosc + 1 bt)
08	(A – B)	(2)	**Anfibolitas**, Portovelo. 2 K-Ar (hb)
09	(A – J)	(10)	**Metagranitoide**, norte de Valladolid. 10 Rb-Sr (wr)
10	(A – D)	(4)	**Gneises granatíferos**, Valladolid. 8 Sm-Nd 4(gt + wr) y 4 K-Ar (bt)
11	(A – I)	(9)	**Granito Tres Lagunas**, norte de Malacatos. 9 Rb-Sr (wr) y 3 K-Ar (bt)
12	(A – J)	(10)	**Migmatita Sabanilla**, Sabanilla. 10 Rb-Sr (wr) y 4 K-Ar (bt)
13	(A – B)	(2)	**Dioritas hornbléndicas**, Río Chicaña. 2 K-Ar (Hb)
14	(A – K)	(11)	**Granito Tres Lagunas**, Tres Lagunas. 11 Rb-Sr (wr), 6 Sm-Nd 3(gt+wr) y 3 K-Ar (bt)
15		(1)	**Granodiorita**, norte de Saraguro. 2 K-Ar (bt + hb)

16	(A – D)	(4)	**Granito Tres Lagunas**, Mina Peggy. 4 Rb-Sr (wr)
17	(A – D)	(4)	**Complejo Tampanchi** (gabro), Tampanchi. 3 K-Ar (2 hb + 1 wr)
18		(1)	**Andesita**, Los Planes. 1 K-Ar (hb)
19		(1)	**Pegmatita con moscovita**, La Bocana. 1 K-Ar (mosc)
20	(A – B)	(2)	**Anfibolitas**, Guarumales, Río Paute. 2 K-Ar (hb)
21	(A – C)	(3)	**Metasedimentos granatíferos**, Río Paute. 6 Sm-Nd 3(gt + wr)
22	(A – B)	(2)	**Granodiorita**, Río Paute. 4 K-Ar 2(hb + bt)
664	(D)	(1)	**Granodiorita**, Chuquiragua 2 K-Ar (hb + bt)
681		(1)	**Granodiorita**, Río La Canela 2 K-Ar (hb + bt)
815		(1)	**Pórfido**, Portachuela 1 K-Ar (bt)
819	(A – B)	(2)	**Pórfido**, Portachuela 2 K-Ar (bt)

TOTAL:	**99**	**Muestras**
	5	conjuntos de isócrona Rb-Sr (54 muestras)
	5	conjuntos de isócrona Sm-Nd (20 pares gt+wr)
	32	K-Ar (bt)
	20	K-Ar (hb)
	3	K-Ar (mosc)
	2	K-Ar (wr)
	1	U-Pb (circones)

APÉNDICE 2b

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

TECHNICAL REPORT WC/90/12

Overseas Directorate Series

INFORME TÉCNICO WC/90/12

Edades radiométricas (Rb-Sr, K-Ar y Sm-Nd) para las rocas de la Cordillera Real, Ecuador:

Fase II

por

Stephen M. Harrison

Este informe fue preparado para ODA (Overseas Development Administration)

Referencia Bibliográfica

Harrison S. M. (1990) Radiometric ages (Rb-Sr, K-Ar y Sm-Nd) for rocks from the Cordillera Real, Ecuador: Phase II. [Edades radiométricas (Rb-Sr, K-Ar y Sm-Nd) para las rocas de la Cordillera Real, Ecuador: Fase II]. *British Geological Survey Technical Report WC/90/12*. Traducción al español por Stalyn Paucar (2021).

Keyworth, Nottingham. British Geological Survey, 1989

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

1. INTRODUCCIÓN

Este reporte detalla los resultados analíticos de la segunda fase del programa geocronológico de rocas de la Cordillera Real, Ecuador, como parte del Proyecto 14BJ – BGS Overseas Division. La primera fase de este programa fue realizada por el Dr. C. C. Rundle en NERC Isotope Geology Centre y los resultados de aquel trabajo son presentados en Rundle (1987a, 1987b, 1988), su objetivo era el de datar las principales intrusiones granitoides de la Cordillera Real usando los métodos radiométricos de isótopos Rb-Sr y K-Ar.

La segunda fase del programa geocronológico del Proyecto Cordillera Real comenzó en enero de 1989. El autor fue contratado por siete meses por el Servicio Geológico Británico con el financiamiento de ODA. Durante 7 semanas en Ecuador se recolectó, trituró y tamizó las muestras; en el tiempo restante se realizó la separación mineral y datación radiométrica en UK, en NERC Isotope Geology Centre. Los detalles de la recolección y preparación de las muestras son presentados en Harrison (1989).

El principal objetivo de esta segunda fase de geocronología fue intentar datar las principales unidades metamórficas de la Cordillera Real, usando una combinación de métodos Rb-Sr, K-Ar y Sm-Nd.

2. DETALLES ANALÍTICOS

2.1 Análisis Rb-Sr

Fueron realizados en muestras pulverizadas de roca-total de rocas metaplutónicas y ortogneises.

Las proporciones Rb/Sr fueron analizadas por fluorescencia de rayos-X usando un espectrómetro automático Philips. Para aquel propósito se elaboraron pellets de polvo prensado. El análisis fue llevado a efecto por la sección de Química Analítica del Servicio Geológico Británico en Gray’s Inn Road, Londres. Para la determinación de isótopos de estroncio, se extrajo el estroncio de las muestras usando los métodos de disolución ácida e intercambio de iones en un laboratorio de química-pulcra. Luego los isótopos de estroncio fueron analizados en un espectrómetro de masas multicolector automático VG354.

Las proporciones Rb/Sr son reportadas con un error general de ± 0.5% (1-sigma). Los análisis duplicados de las muestras y estándares sugieren que un error de ± 0.005% es apropiado para las determinaciones de isótopos de estroncio.

Los análisis duplicados y estándares internacionales señalan que los resultados son adecuados dentro de los cálculos de precisión.

Los errores de la edad y proporción inicial (Ri) son reportados con 2-sigma (95% de confiabilidad) y solamente se indica la última cifra significativa. Las líneas mejor ajustadas en los diagramas de isócrona fueron calculadas usando un programa de ajuste por mínimos cuadrados. Cuando el parámetro calculado MSWD (Mean Standard of Weighted Deviates) excede el valor de 3.0 se infiere que los puntos no se adaptan a la línea dentro de los límites del error analítico y, siguiendo la práctica convencional, los errores de la edad e intercepto son aumentados al multiplicar por la raíz cuadrada de MSWD. Todas las edades son calculadas usando la constante de decaimiento para ^{87}Rb de 1.42×10^{-11}.

2.2 Análisis Sm-Nd

Este método es usado en múltiples pares de roca-total y granate, depende del fraccionamiento de los elementos de tierras raras en el granate en relación a la roca-total hospedante.

El Sm y Nd son analizados por un método de dilución isotópica doble. El granate y la roca-total pulverizados son disueltos en ácido con una cantidad extra de *picos* mixtos Sm-Nd. Luego, tanto el Sm como el Nd son extraídos usando métodos de intercambio de iones y analizados individualmente en el espectrómetro de masas VG354. La determinación de isótopos de Nd es realizada automáticamente durante el análisis de concentración de Nd.

Los errores de las proporciones Sm/Nd y $^{143}Nd/^{144}Nd$ son reportados como 0.2% y 0.005% (1-sigma) respectivamente, una vez más basados en estándares internacionales. Los resultados son presentados en la forma de diagramas de isócronas similares a los de Rb-Sr, las técnicas usadas para calcular la línea de mejor ajuste, las edades y errores son las mismas.

2.3 Análisis K-Ar

Fue realizado predominantemente en separados de biotita, moscovita y hornblenda, rara vez en muestras de roca-total. Este método fue usado en casi todos los conjuntos recolectados, cuando los minerales inalterados apropiados estaban presentes, con el fin de respaldar los resultados Rb-Sr o Sm-Nd.

El potasio fue determinado, por lo menos en análisis duplicados, usando el fotómetro de llama del Laboratorio de Instrumentación IL543 con litio como estándar interno. El argón fue extraído por fusión en una cámara de vacío mediante calentamiento por inducción de radiofrecuencia externa, y analizado por el método de dilución de isótopos en un espectrómetro de masas VG Isotopes MM1200.

Las determinaciones de estándares 'internos' (*in-house*) sugieren que una precisión de ± 1% (1 sigma) es razonable para la mayoría de análisis de potasio. El error en la determinación de argón radiogénico es parcialmente dependiente de la cantidad de argón atmosférico contaminante, que a veces se refleja en el grado de alteración deutérica y por tanto varía considerablemente entre muestras diferentes. El sistema de *picos* de argón fue calibrado de acuerdo con estándares internacionales, por consiguiente, se puede esperar que los resultados sean precisos dentro de los límites del error analítico. Las edades fueron calculadas usando las constantes de decaimiento recomendadas por Steiger y Jäger (Earth Planet. Sci. Lett. 36, 359-362, 1977) y los errores de las edades se entregan con un 95% de nivel de confiabilidad.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta una lista de muestras recolectadas. Los análisis Rb-Sr y Sm-Nd son presentados en las Tablas 2 y 3 respectivamente, con sus diagramas de isócrona en las Figuras 1-8. Los análisis K-Ar y las edades calculadas son presentados en la Tabla 4. Los resultados de cada conjunto recolectado se describen y discuten a continuación.

- **CR/SH/89 – 01 (A – D)**

Gneises granatíferos migmatíticos, Papallacta (7 km al este de Papallacta en el lecho del río).

Todas las muestras son gneises biotíticos-granatíferos pelíticos con grafito y pequeñas cantidades de moscovita; con la excepción de 01A que es una anfibolita granatífera.

Datos Sm-Nd (Fig. 1): el granate de estas rocas tiene poco, y en algunos casos nada de, fraccionamiento de la proporción Sm/Nd. Por tanto, no es posible obtener una edad confiable a partir de estos datos. La anfibolita granatífera (01A) tiene proporciones más altas de $^{143}Nd/^{144}Nd$ y Sm/Nd, pero la línea que une esta muestra con las otras posiblemente sea una línea de mezcla y no una indicación de la edad.

Datos K-Ar (Tabla 4): las aparentes edades obtenidas varían desde el Precámbrico hasta el Terciario. Para darle sentido a estos datos será necesario analizar más muestras de esta localidad. La situación más posible es que el sistema K-Ar haya sido alterado, generando en algunos casos, enriquecimiento local de argón radiogénico y por tanto edades más antiguas. En este punto, estas edades no deberían ser interpretadas como edades "verdaderas".

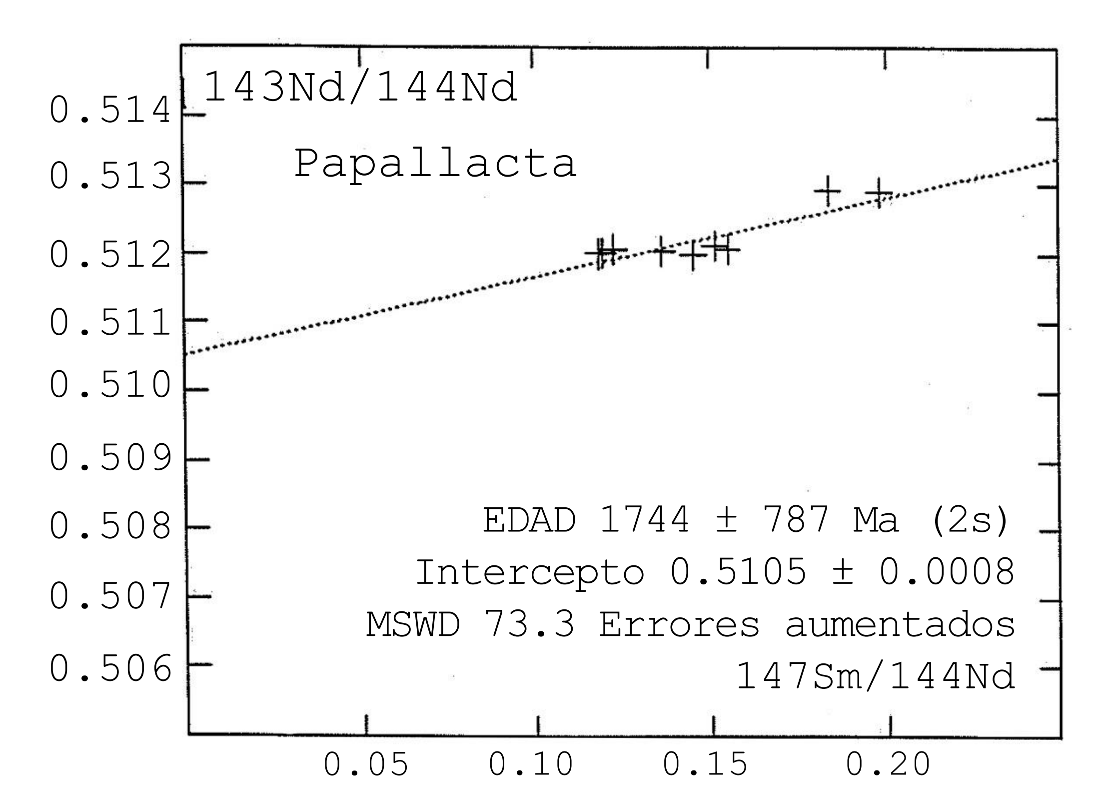


Figura 1. Diagrama de isócrona Sm-Nd para los gneises granatíferos de Papallacta (CR/SH/89 – 01A-D). No se puede obtener una edad a partir de estos datos.

- **CR/SH/89 – 02 (A – D)**

Lavas andesíticas (A-C) y basalto olivínico (D), Archidona.

Las andesitas son parte de la Formación Misahuallí, pero el basalto olivínico probablemente es de edad post-cretácica.

Ninguna de estas muestras fue analizada, debido a que no fue posible extraer alguna hornblenda de la andesita y el basalto olivínico no fue considerado como importante para este estudio.

- **CR/SH/89 – 03**

Granodiorita, cantera Azafrán.

Esta muestra fue recolectada para análisis U-Pb en circones.

No fue posible realizar este trabajo dado que no hubo tiempo para separar los circones ni las facilidades en NIGC (NERC Isotope Geology Centre) para llevar a cabo el análisis.

- **CR/SH/89 – 04 (A – J)**

Monzonita, Marcabelí, provincia de El Oro.

Las muestras 04A-E fueron recolectadas de una cantera 1 km al sur de Las Balsas y las otras cinco muestras aproximadamente 10 km al oeste donde la vía se encuentra con el Río Puyango. No se observó afloramiento alguno entre ambas localidades, pero se consideró que representan a la misma intrusión.

Datos Rb-Sr (Fig. 2): los datos se encuentran dispersos en el diagrama de isócrona, de modo que no se puede obtener alguna edad. No existe mayor diferencia si se grafica individualmente los datos de las dos localidades. Claramente el sistema isotópico Sr en estas rocas no está en equilibrio.

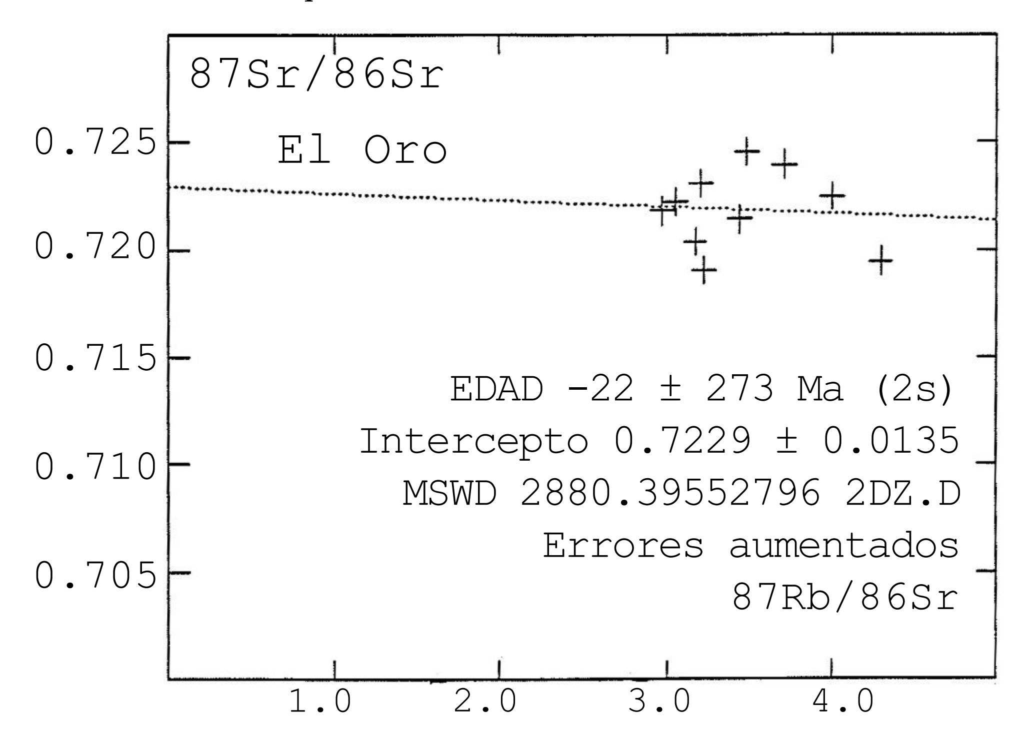


Figura 2. Diagrama de isócrona Rb-Sr para el plutón Marcabelí El Oro (CR/SH/89 – 04A-J).

Datos K-Ar (Tabla 4): las edades de las muestras de biotita y moscovita de 04A y 04H varían entre 221 a 193 Ma, todas están casi dentro del error de cada una. Al no contar con buenos datos Rb-Sr no es posible decir con certeza si las dataciones representan edades metamórficas de reseteo o edades originales de cristalización. Todas las rocas parecen no estar deformadas, lo que respalda a la última opción, sin embargo, las edades K-Ar de biotita y moscovita de las rocas metamórficas también de la provincia de El Oro (06 y 07) indican un evento metamórfico en ese tiempo.

- **CR/SH/89 – 05 (A – B)**

Anfibolitas, Arenillas, provincia de El Oro.

Estas rocas son del Grupo Piedras, Kennerley (1980) obtuvo una edad de 743 ± 14 Ma de un separado de anfíbol con contenido muy bajo de K (0.084%). Se espera que con las muestras recolectadas en este estudio aquella edad sea confirmada.

Datos K-Ar (Tabla 4): ambos separados de hornblenda tienen contenidos normales de K (0.36%) y entregaron edades de aproximadamente 70 Ma. Probablemente son edades reseteadas y no pueden refutar la edad precámbrica de Kennerley (1980).

- **CR/SH/89 – 06 (A – E)**

Gneises pelíticos granatíferos-biotíticos-moscovíticos con grafito, Santa Teresita cerca de La Bocana, provincia de El Oro. Estas muestras son del Grupo Tahuín.

Datos Sm-Nd (Fig. 3): los datos de las muestras 06 son combinados con la muestra 19 (ver abajo) y juntos forman una isócrona bien definida que indica una edad de 217 ± 24 Ma para la formación del granate. Esta edad tiene buena concordancia con los datos K-Ar, lo que es una clara evidencia de que esta edad representa a un evento metamórfico importante.

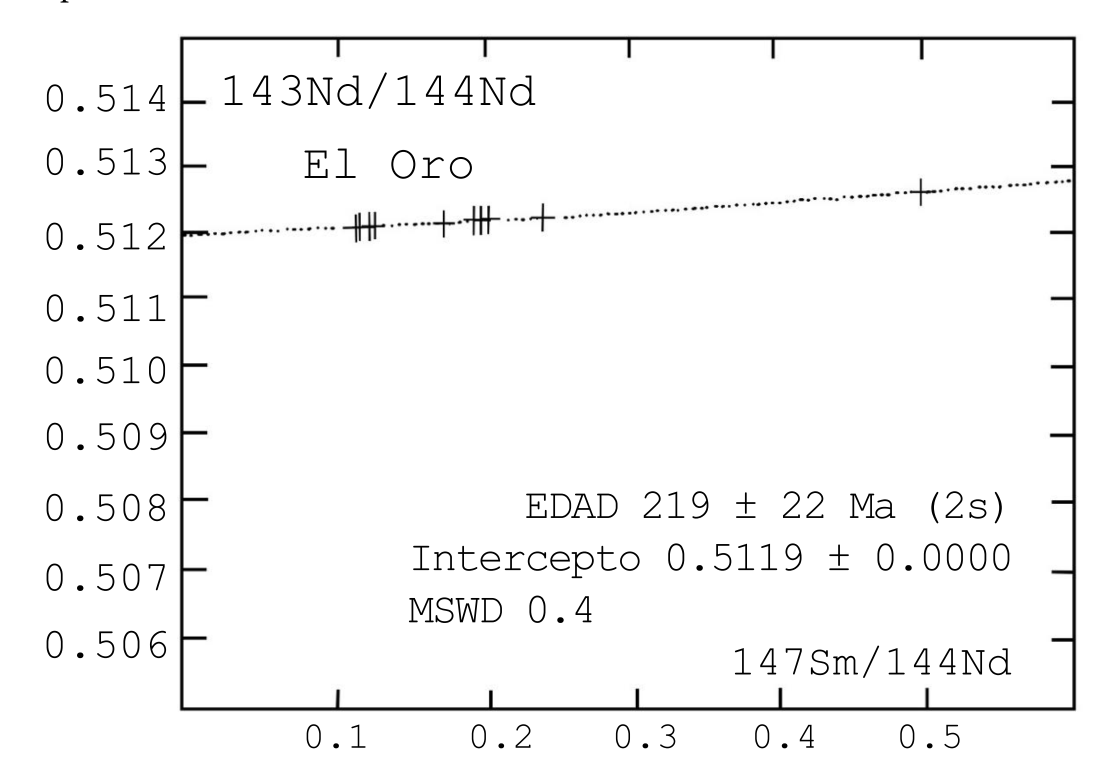


Figura 3. Diagrama de isócrona Sm-Nd de los gneises granatíferos de El Oro (CR/SH/89 – 06A-E y CR/SH/89 – 19).

Datos K-Ar (Tabla 4): las edades de biotita y moscovita de las muestras 06-B, C y D están dentro del error de cada una y varían entre 213 y 207 Ma. La cercana correspondencia con la edad de la formación del granate indica que estas edades representan la cristalización metamórfica de estos minerales.

- **CR/SH/89 – 07 (A – B)**

Pegmatitas félsicas, Río Negro cerca de La Bocana, provincia de El Oro.

Estas muestras también son parte del Grupo Tahuín y están íntimamente asociadas con las muestras 06 (ver arriba). No fue posible extraer biotita ni moscovita de la muestra 07-B.

Datos K-Ar (Tabla 4): las edades de la biotita y moscovita de 07A (216 y 220 Ma respectivamente) son ligeramente más antiguas que aquellas de las muestras 06, pero aún tienen una cercana relación.

- **CR/SH/89 – 08 (A – B)**

Anfibolitas, Portovelo.

Estas anfibolitas podrían ser relacionadas con aquellas en arenillas, una vez más, se espera confirmar o refutar la edad precámbrica.

Datos K-Ar (Tabla 4): ambos anfíboles extraídos de estas muestras tienen un contenido bajo de K (0.07 y 0.05), pero entregan edades muy diferentes (224 y 647 Ma), a pesar de que son del mismo afloramiento. La edad de 224 Ma representaría al evento metamórfico definido en 06 y 07, pero la edad de 647 Ma no sería confiable y, al igual que las muestras 01, la 07B probablemente experimentó un enriquecimiento de argón.

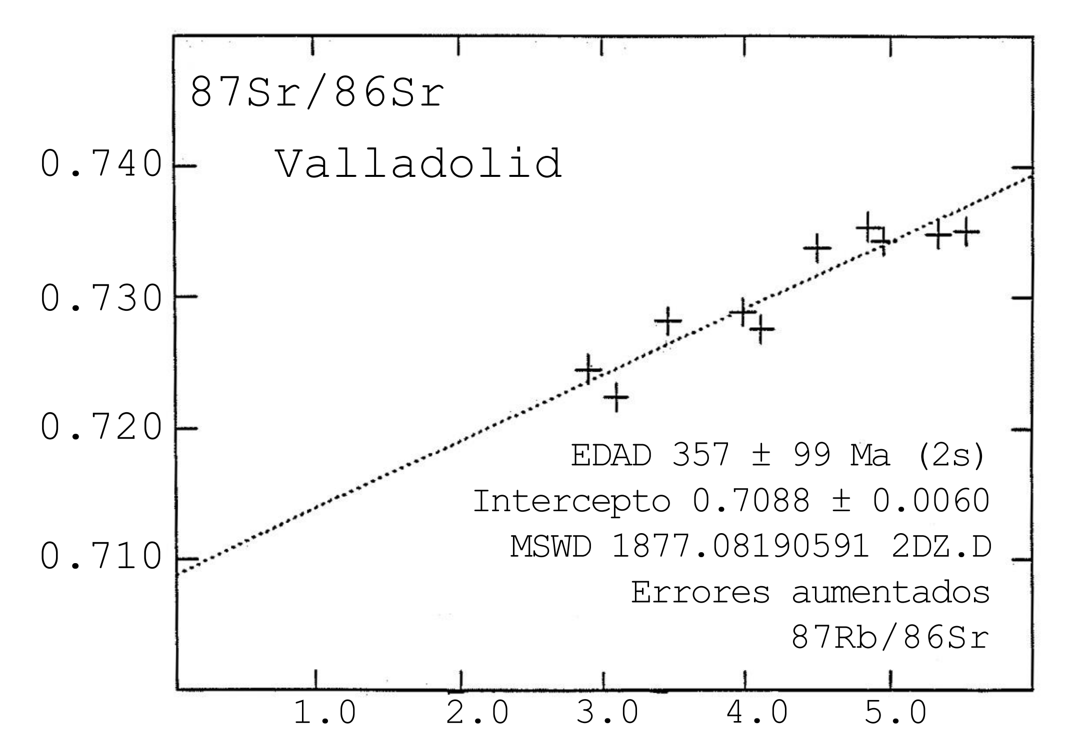


Figura 4. Diagrama de isócrona Rb-Sr de las muestras del conjunto metagranitoide que aflora en la sección de vía cerca de la parte superior del paso entre Loja y Valladolid (CR/SH/89 – 09A-J).

- **CR/SH/89 – 09 (A – J)**

Metagranitoide, parte superior del paso entre Loja y Valladolid.

Esta intrusión es adyacente a las rocas metamórficas de alto grado (similar a aquella de la 10), pero los contactos no están expuestos. Las rocas tienen signos de meteorización y sólo fueron analizadas para Rb-Sr.

Datos Rb-Sr (Fig. 4): los datos combinados definen una mala isócrona de 357 ± 99 Ma con una MSWD muy alta de 1877. Aunque la edad está poco definida, el arreglo lineal de los datos sugiere que la edad sería representativa.

- **CR/SH/89 – 10 (A – D)**

Gneises migmatíticos granatíferos-biotíticos-moscovíticos con grafito, Valladolid.

Datos Sm-Nd: el granate de estas rocas, así como los de Papallacta, no han fraccionado la proporción Sm/Nd, por tanto, usando este método no es posible obtener una edad.

Datos K-Ar (Tabla 4): las edades obtenidas de la moscovita y biotita varían entre 85 a 69 Ma. Posiblemente son edades reseteadas.

- **CR/SH/89 – 11 (A – I)**

Metagranitoide de dos micas del conjunto Tres Lagunas, Malacatos.

Datos Rb-Sr (Fig. 5): los datos combinados entregan una mala errorcrona de 116 ± 40 Ma con una MSWD de 136. La muestra 11-G se grafica alejada del resto, al omitirla la edad aumenta a 194 ± 50 Ma con una MSWD más pequeña de 49.5. El alto error de la edad se debe a la restringida variación de la proporción Rb/Sr. Parecería que la edad de 194 Ma es la más adecuada, pero todavía no se tiene alguna razón geológica para omitir aquella muestra. Un análisis petrográfico detallado resolvería el problema.

Datos K-Ar (Tabla 4): los separados de moscovita entregan edades muy consistentes de ~99 Ma, mientras que los separados de biotita de la misma roca entregan edades de aproximadamente 64 Ma. Sin duda las biotitas fueron reseteadas; parecería que las moscovitas también, pero en una etapa más temprana, no siendo afectadas por el evento de 64 Ma.

- **CR/SH/89 – 12 (A – J)**

Conjunto de ortogneis del complejo metamórfico Sabanilla, Sabanilla.

Este ortogneis fue analizado por Rundle (1987b) y obtuvo una edad de 233 ± 51 Ma (MSWD = 175) de un conjunto de rocas recolectadas a lo largo de una sección de 2 km. En un intento de reducir los errores en esta edad, se recolectó otro conjunto de muestras de sólo un afloramiento con un área menor a 10 m^2.

Datos Rb-Sr: el conjunto de muestras aquí analizado define una errorcrona con una edad de 198 ± 45 Ma (MSWD = 25.3) (Fig. 6a, que es una edad ligeramente mejor definida que la anteriormente obtenida). Cuando se combinan los dos conjuntos de datos (Fig. 6b), se obtiene una edad de 224 ± 37 Ma (MSWD = 108). Aunque todavía hay grandes errores involucrados, ésta parece ser una edad más adecuada, pero no se sabe si representa a una edad metamórfica (concuerda bien con el evento metamórfico, ver arriba) o una edad original de intrusión.

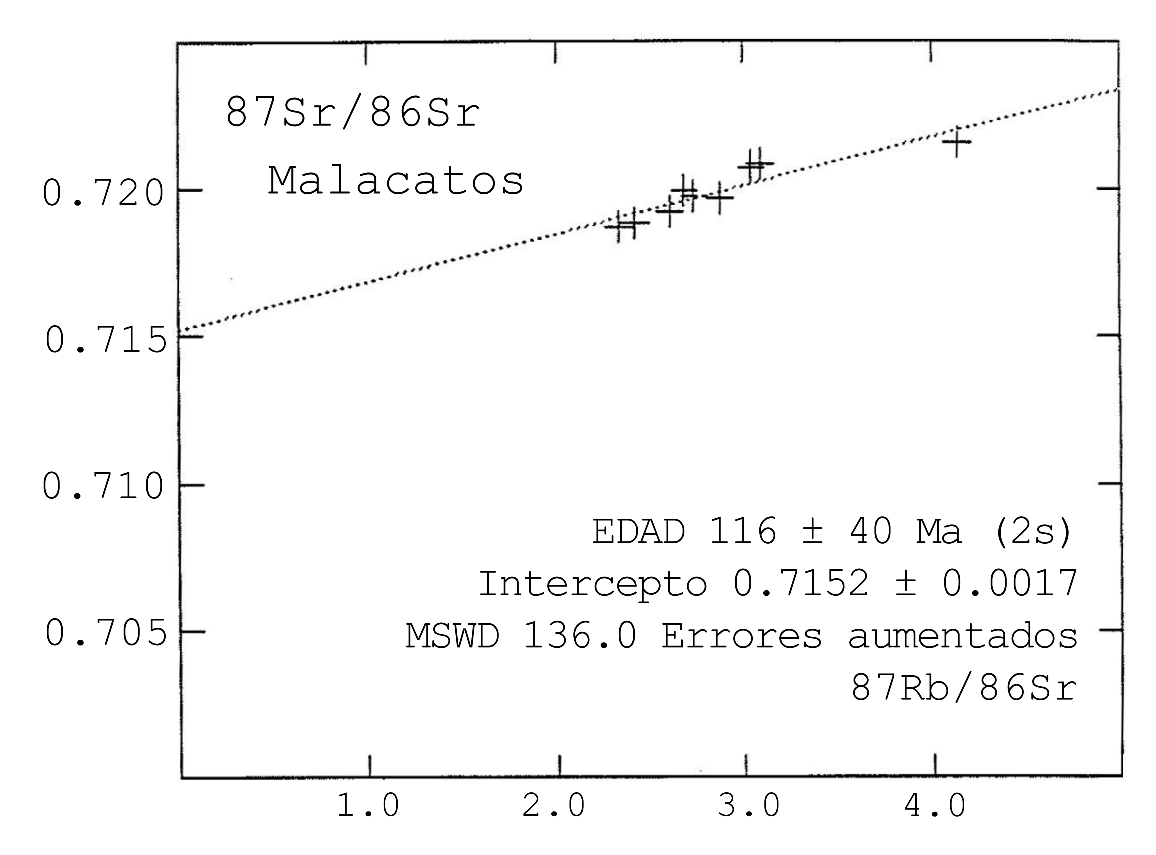


Figura 5a. Diagrama de isócrona Rb-Sr del granito Tres Lagunas expuesto al norte de Malacatos (CR/SH/89 – 11A-I).

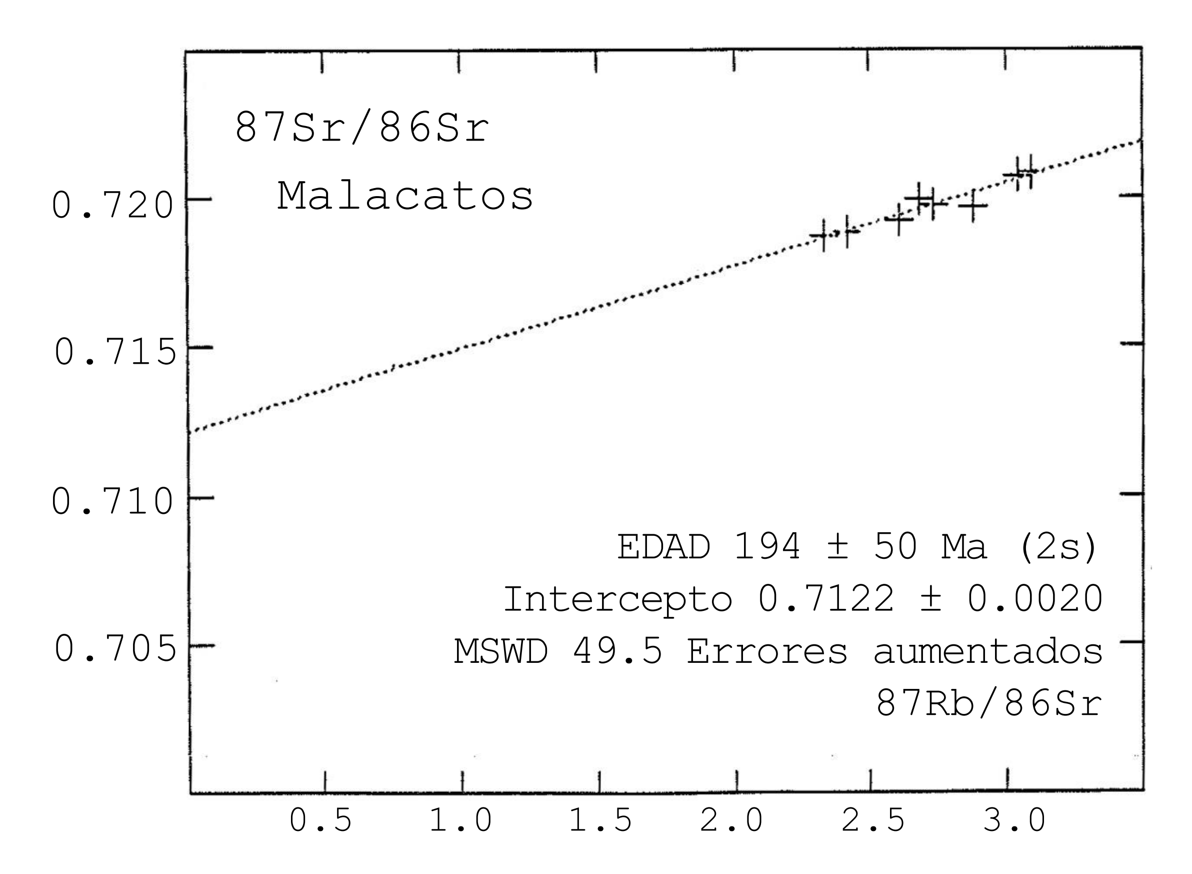


Figura 5b. Igual que la Fig. 5a, pero sin la muestra 11-G.

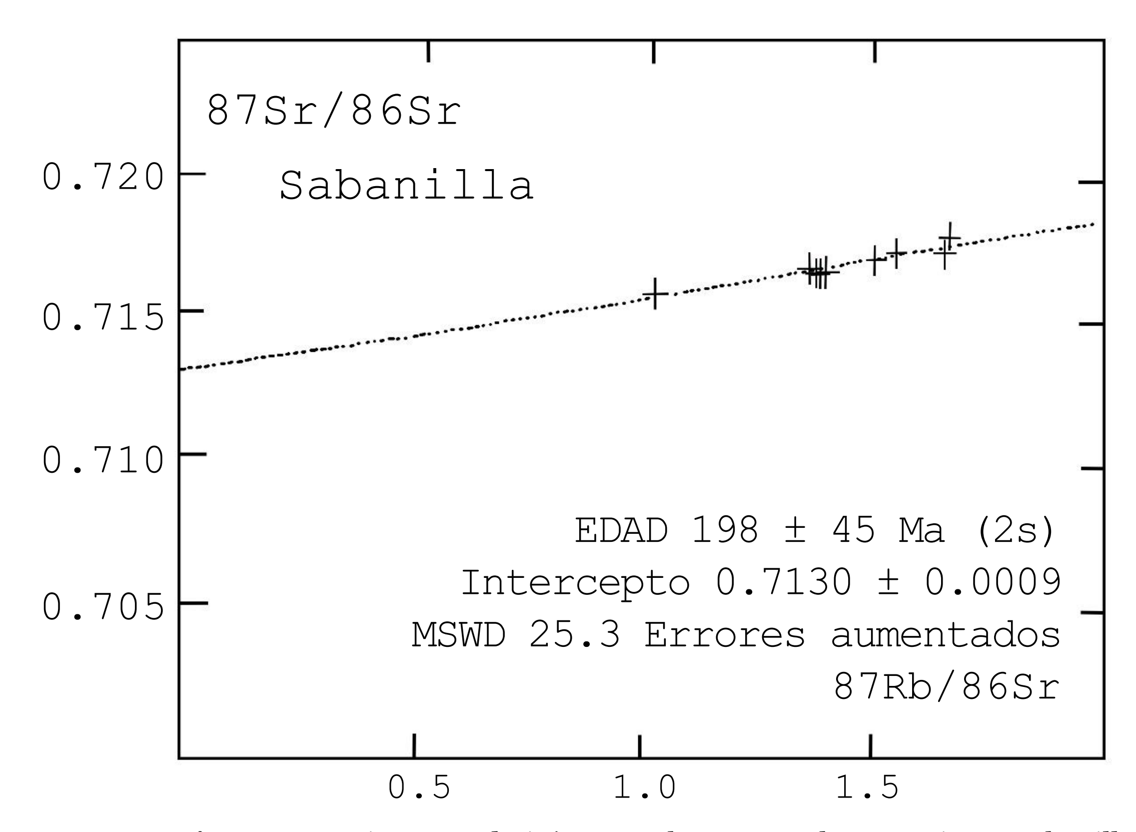


Figura 6a. Diagrama de isócrona Rb-Sr para el ortogneis en Sabanilla (CR/SH/89 – 12A-J).

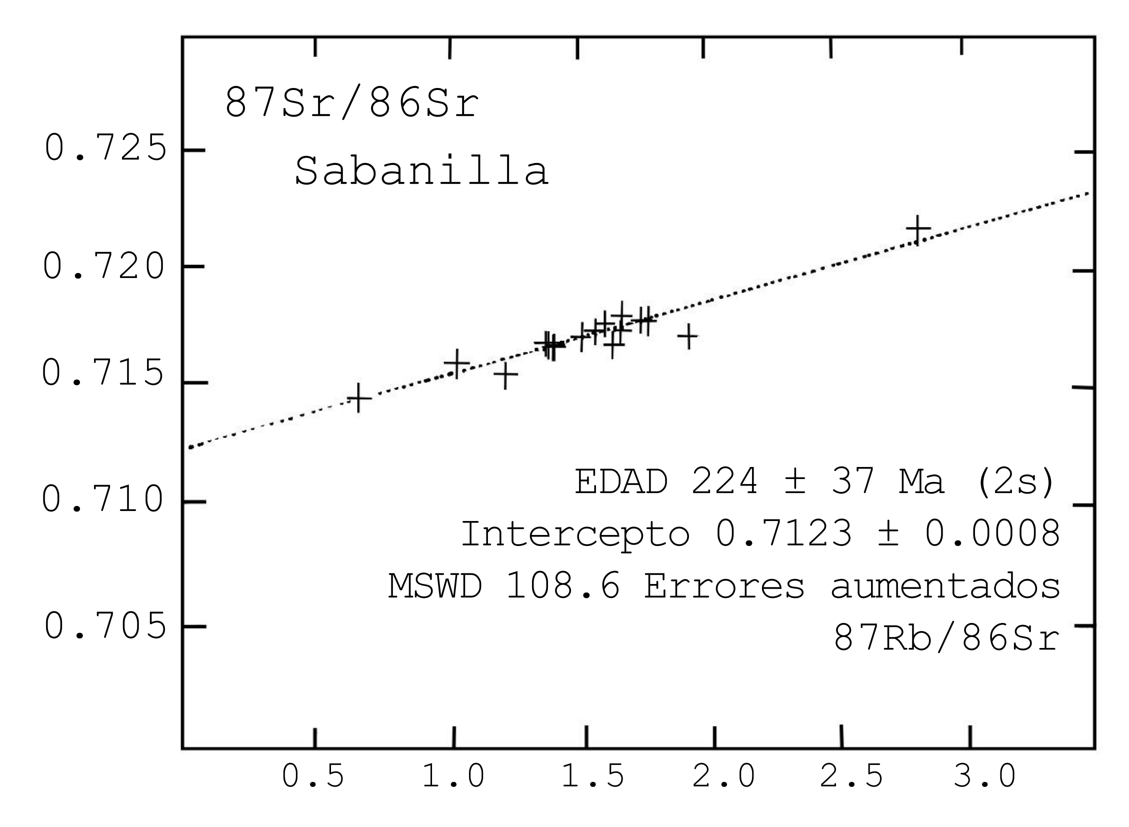


Figura 6b. Igual que la Fig. 6a, pero se añade los datos de (E/87/23A-H) de Rundle (1987b).

Datos K-Ar (Tabla 4): las moscovitas entregan edades de 65 Ma y las biotitas de 85 Ma. Ambas edades indican eventos de reseteo. Es inusual que las moscovitas tengan edades más jóvenes que las biotitas coexistentes, pero, en este caso la moscovita no parece estar tan fresca.

- **CR/SH/89 – 13 (A – B)**

Dioritas hornbléndicas, Río Chicaña.

Estas dos muestras fueron recolectadas al norte de Zamora y probablemente son parte del batolito Zamora.

Datos K-Ar (Tabla 4): ambas hornblendas entregan edades de alrededor de 190 Ma, esto es consistente con las edades más antiguas del batolito Zamora (Rundle, 1987b; 1988).

- **CR/SH/89 – 14 (A – K)**

Granito Tres Lagunas, Tres Lagunas.

Datos Rb-Sr: cuando se grafica a todas las muestras se obtiene una edad poco definida de 156 ± 40 Ma (MSWD = 457) (Fig. 7a). En el campo se observó vetillas de alteración en la muestra 11-F, si se remueve esta muestra se reduce el error y se obtiene una edad de 189 ± 43 (MSWD = 289.1) (Fig. 7b). Esto aún es una errorcrona, pero de forma interesante esta edad es muy similar a aquella del granito Tres Lagunas en Malacatos (194 ± 50 Ma), ambos con proporciones iniciales muy similares (0.7122 y 0.7129). En la Fig. 7c los dos conjuntos de datos son combinados y se obtiene una edad considerablemente mejor definida de 200 ± 12 Ma (MSWD = 169) con Ri = 0.7120. Claramente esto sugiere que los dos conjuntos están petrogenéticamente relacionados.

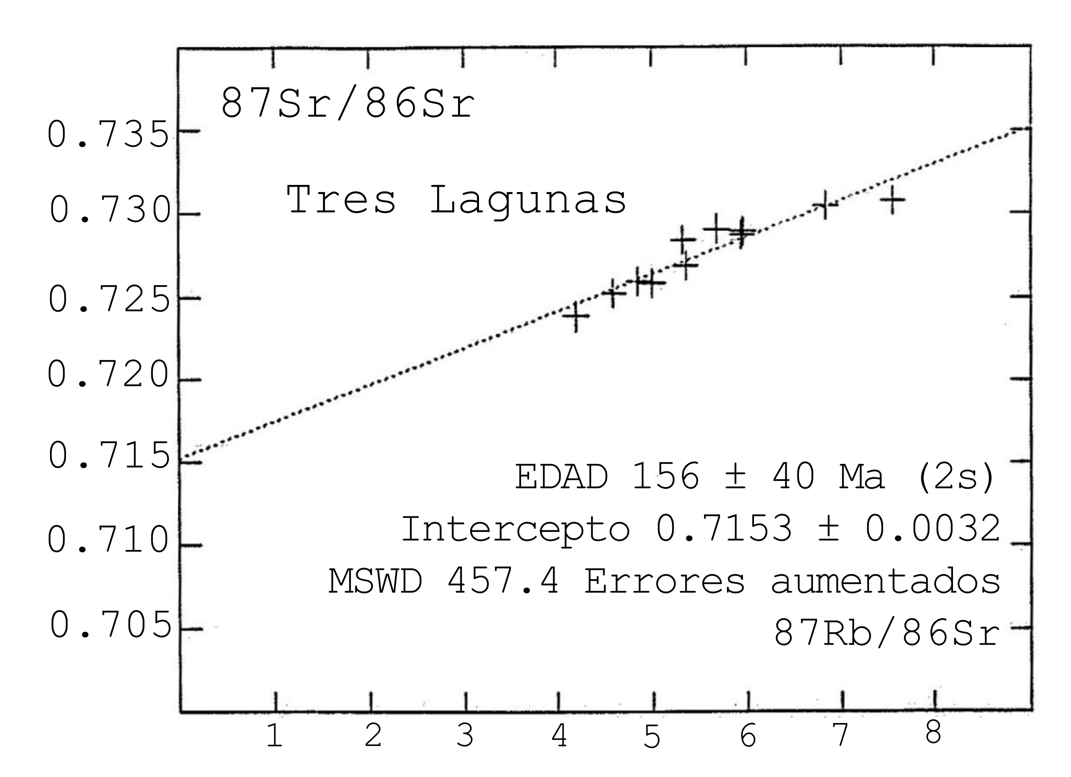


Figura 7a. Diagrama de isócrona Rb-Sr para el granito Tres Lagunas expuesto en Tres Lagunas (CR/SH/89 – 14A-K).

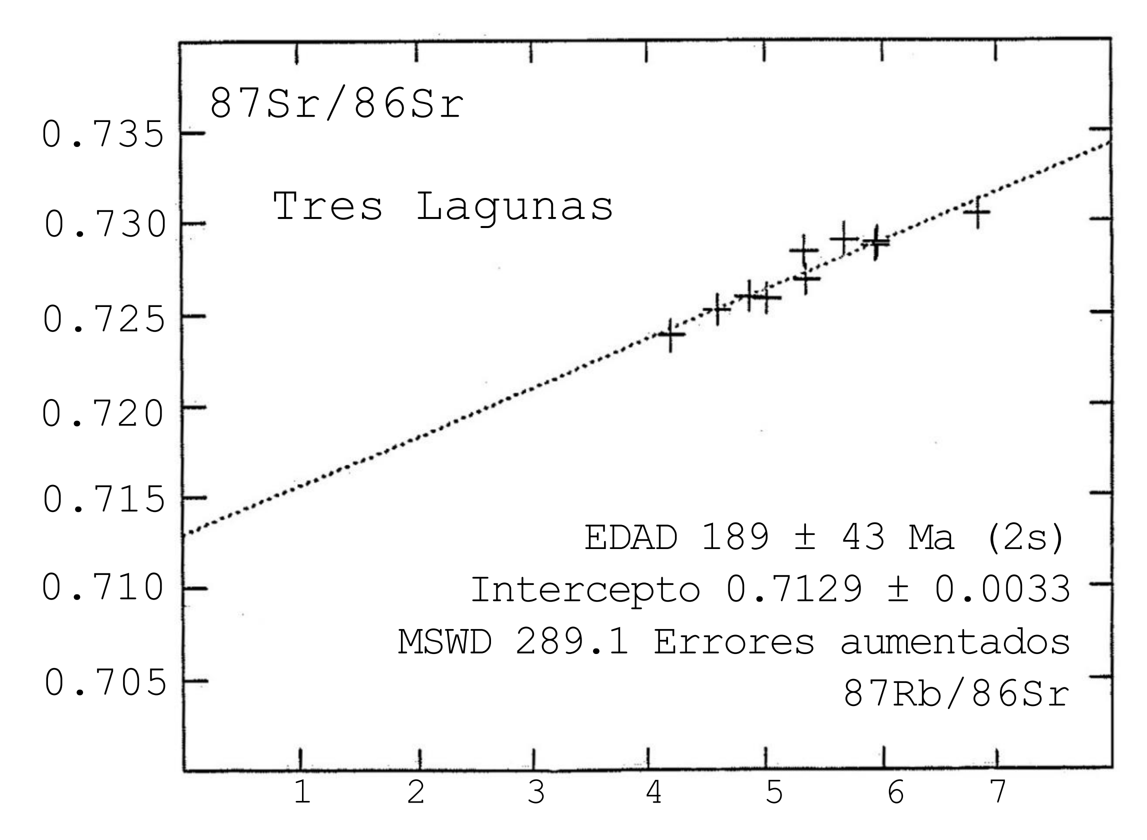


Figura 7b. Igual que la Fig. 7a, pero sin la muestra 14-F.

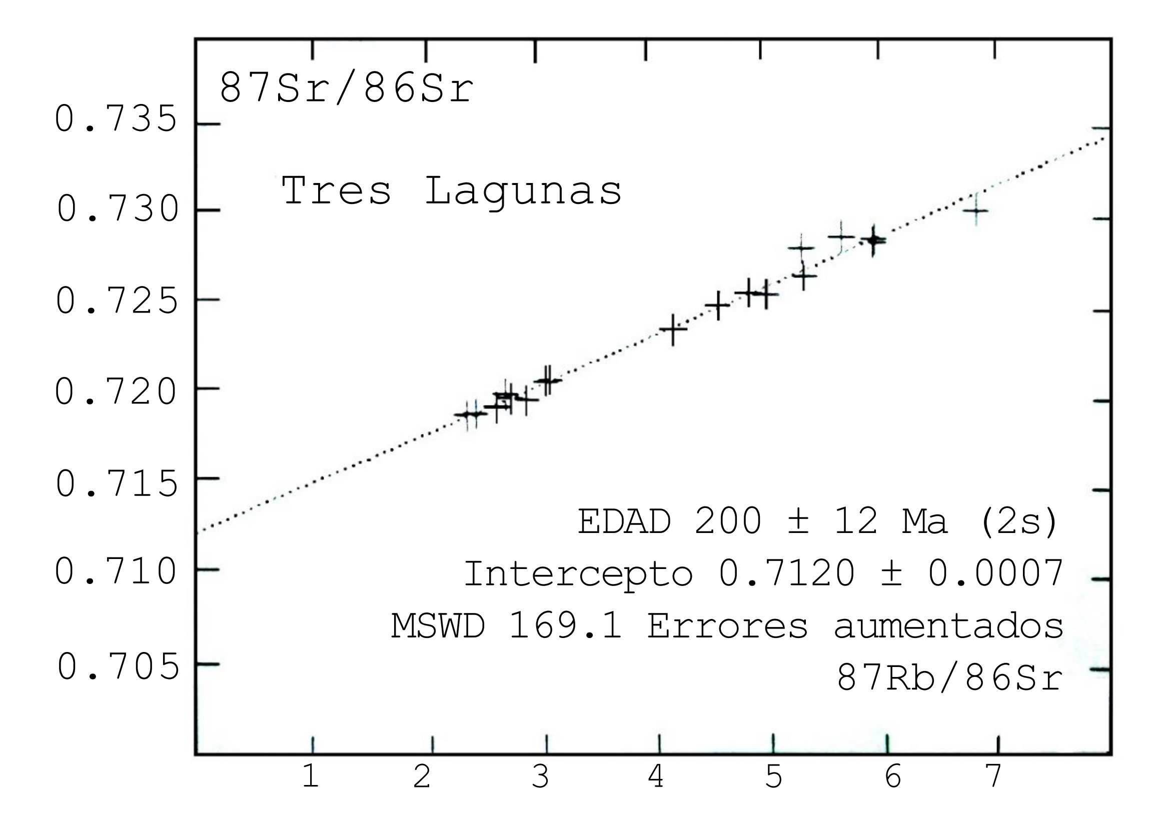


Figura 7c. Datos combinados de las Figs. 7b y 5b, de los conjuntos de tres Lagunas y Malacatos respectivamente.

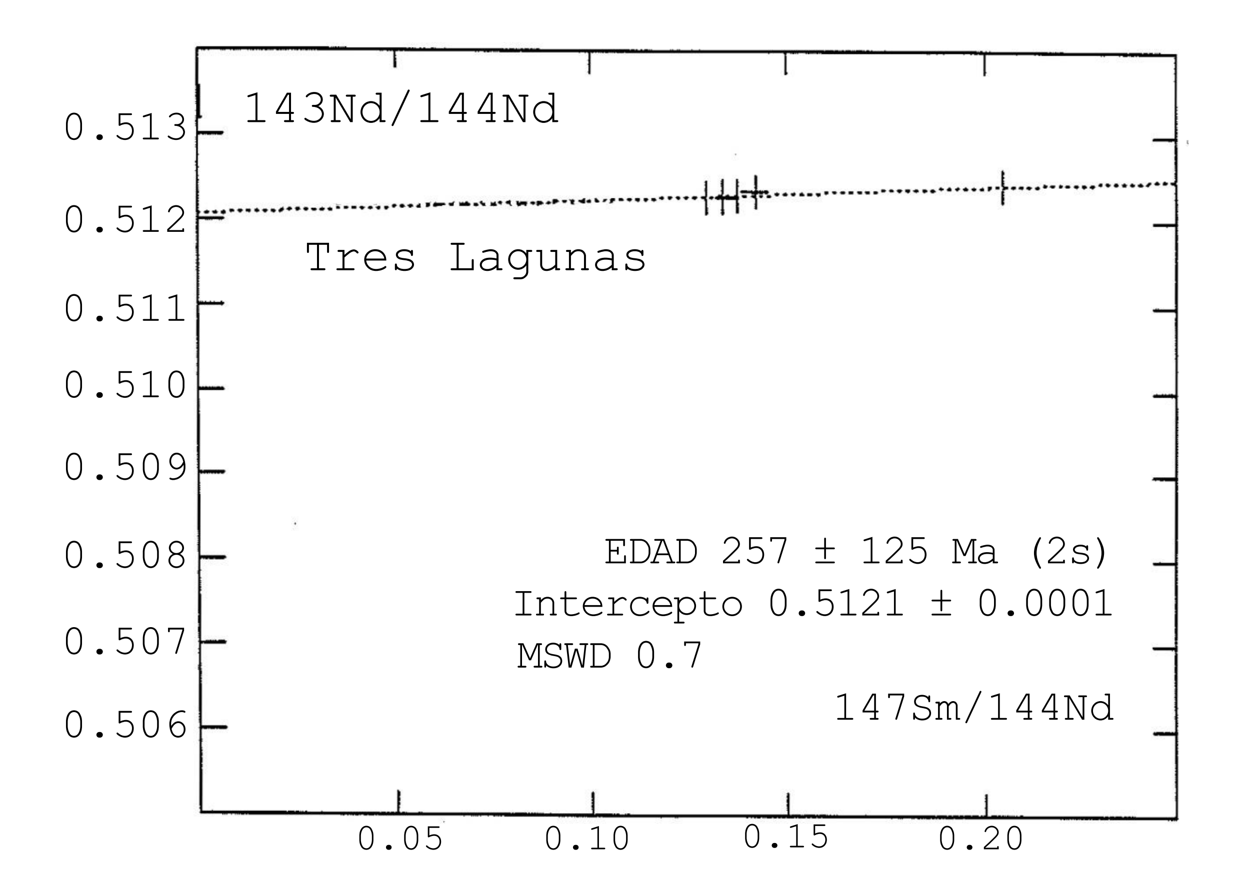


Figura 8. Diagrama de isócrona Sm-Nd para el granito Tres Lagunas usando separados de granate de las muestras CR/SH/89-14D, E y F y datos de roca total de 14-D y F.

Datos Sm-Nd (Fig. 8): tres de las muestras (14-D, E y F) contenían granate, para el análisis Sm-Nd se separaron estos granates y dos muestras de roca-total (14-D y 14-F). Cuando son graficados generan una isócrona poco definida con una edad de 257 ± 125 Ma, pero con una MSWD baja (0.7). El alto error se debe a la restringida dispersión de las proporciones Sm/Nd. Los datos Rb-Sr probablemente son mejores indicadores de la edad de esta intrusión.

Datos K-Ar (Tabla 4): tanto las biotitas como las moscovitas entregan edades similares entre 70 y 60 Ma, las últimas con edades más antiguas. Una vez más, éstas son interpretadas como reseteadas.

- **CR/SH/89 – 15**

Granodiorita, norte de Saraguro

Se separó biotita y hornblenda, pero debido a la falta de tiempo no fueron analizadas. La cantidad de hornblenda sería insuficiente para el análisis K-Ar.

- **CR/SH/89 – 16 (A – D)**

Granito Tres Lagunas, Mina Peggy.

Aunque estas muestras fueron recolectadas, la penetrante alteración mineralizada de las rocas indicaba que no sería posible obtener una edad original de cristalización, por tanto, estas muestras no fueron analizadas.

- **CR/SH/89 – 17 (A – D)**

Complejo máfico-ígneo, Tampanchi.

Las muestras 17A y B son metagabros hornbléndicos y la 17C es un metabasalto.

Datos K-Ar (Tabla 4): tanto los separados de hornblenda de 17A y B, como los análisis de roca-total de 17C entregan edades similares entre 60 y 65 Ma. Es muy poco probable que estas sean edades originales de cristalización de estas rocas, es más probable que sean edades de deformación, la que está muy asociada con este complejo.

- **CR/SH/89 – 18**

Andesita, Los Planes

Esta muestra estaba lista para el análisis de roca-total por K-Ar, pero una vez más por falta de tiempo no fue analizada.

- **CR/SH/89 – 19**

Pegmatita félsica con turmalina y granate, provincia de El Oro.

Esta muestra viene de una localidad muy cercana a 07 (ver arriba). Se analizó el granate de esta muestra con el objetivo de extender el rango de los datos Sm/Nd de las muestras 06 (ver arriba).

Datos Sm-Nd: los datos de esta muestra han sido graficados junto con los de las muestras 06 (Fig. 4) y afortunadamente si extienden, considerablemente, el rango de las proporciones Sm/Nd, generando una edad bien definida de 219 ± 22 Ma.

Datos K-Ar (Tabla 4): se separó moscovita y entregó una edad de 189 ± 5 Ma, que es similar a las edades de las micas de las muestras 06 y 07.

Las muestras restantes desde **CR/SH/89-20** a **CR/MP-383A** enlistadas en la Tabla 1 no fueron analizadas. Fueron enviadas desde Ecuador en mayo de 1989 por el Dr. John Aspden. Tres de estos conjuntos fueron recolectados para análisis Sm-Nd de granate-roca total, pero los laboratorios en NIGC estaban completamente ocupados, de modo que no hubo posibilidad, incluso si se hubiese tenido más tiempo, de realizar este trabajo.

4. BREVE RESUMEN Y CONCLUSIONES

Una alta proporción de las muestras recolectadas han sido analizadas y, los resultados, aunque no tan definidos como se esperaba, han entregado información importante.

Los resultados de las muestras de El Oro fueron los más exitosos definiendo un importante evento metamórfico en 220-200 Ma, con datos Sm-Nd y K-Ar. Hay una notable similitud entre los gneises granatíferos de el Oro y aquellos de Papallacta (en el norte) y Valladolid (en el sur) de la Cordillera Real. La más importante es que todas las muestras contienen abundante grafito con un lustre brillante y una forma laminar que le permite flotar en el agua. Por tanto, parece posible que los gneises granatíferos de El Oro y de la Cordillera Real fueran originalmente parte del mismo complejo metamórfico. Aunque los granates de la Cordillera Real no fraccionaron Sm/Nd y por consiguiente no es posible probar que son de la misma edad; los datos Rb-Sr del ortogneis de Sabanilla (CR/SH/89-12) si indican que sucedió un evento importante en la Cordillera Real en aproximadamente 220 Ma.

La edad del conjunto de granito Tres Lagunas está relativamente bien definida en alrededor de 200 Ma, tanto con datos Sm-Nd como Rb-Sr. La proporción inicial $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0.7120) es considerablemente más alta que aquella de los granitoides Abitagua, Azafrán y Zamora (alrededor de 0.705), sin duda esto indica que el granito Tres Lagunas tiene un componente cortical mucho mayor involucrado en su génesis en comparación a los otros granitoides. Es muy posible que el granito Tres Lagunas represente un fundido cortical y esté relacionado al evento metamórfico de 220-200 Ma.

Otro aspecto importante de los datos es el considerable número de edades reseteadas entre 80 y 50 Ma. Claramente esto es un evento significativo que quizás representa a una fase de deformación dentro de la Cordillera Real.

Los datos de la primera fase del programa de geocronología llevado a cabo por el Dr. C. C. Rundle (Rundle, 1987a; 1987b y 1988) han indicado que la principal intrusión de los típicos granitoides calco-alcalinos Andinos (batolitos Abitagua, Zamora y posiblemente Azafrán) sucedió entre 190 y 160 Ma. También indica que granitoides similares fueron emplazados en una edad más joven de aproximadamente 50-40 Ma. Cuando los datos de las dos fases de geocronología son combinados se puede compilar una historia estrato-tectónica muy básica de la región estudiada:

220 – 200 Ma:	Metamorfismo de alto grado e intrusión de los granitos Tres Lagunas.
190 – 160 Ma:	Intrusión de los grandes batolitos calco-alcalinos Andinos (Abitagua y Zamora). El plutonismo calco-alcalino menor continuó hasta aproximadamente 140 Ma.
80 – 60 Ma:	Gran reseteo de los sistemas isotópicos Rb-Sr y K-Ar, posiblemente relacionado a un importante evento de deformación.
50 – 20 Ma:	Plutonismo calco-alcalino menor (e.g. plutones San Lucas, Portachuela).

Se considera que durante la planificación de este proyecto no se destinó suficiente tiempo para el trabajo analítico. Además, los laboratorios de NIGC fueron trasladados de Gray's Inn Road a Keyworth en diciembre de 1989, lo que apresuró el uso de los laboratorios y por consiguiente no se analizó tantas muestras como se esperaba.

REFERENCIAS

HARRISON S. M. (1989) Report on a visit to Ecuador: geochronology sampling, Phase II. British Geological Survey Technical Report No. WC/89/10/R.

KENNERLEY J. B. (1980) Outline of the geology of Ecuador. Overseas Geol. Miner. Res., Inst. Geol. Sci. UK., No 55, 20 pp.

RUNDLE C. C. (1987a) Geochronology sampling in Ecuador, 1987. Report No. 87/12. British Geological Survey. Isotope Geology Unit.

RUNDLE C. C. (1987b) Rb-Sr analysis of rocks collected in May/June 1987 for the ODA-funded Cordillera Real Project, Ecuador. Report No.87/1. NERC Scientific Services, Isotope Geology Centre.

RUNDLE C. C. (1988) Potassium-Argon ages for minerals from the Cordillera Real, Ecuador. Report. No. 88/7, NERC Scientific Services, Isotope Geology Centre.

STEIGER R. H. and JÄGER E. (1977) Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. Earth and Planetary Science Letters, 36, 359-362.

Tabla 1. Lista de muestras recolectadas.

Todas las muestras tienen el prefijo CR/SH/89- excepto por las seis últimas: 664-819 con el prefijo CR/FV/-, y 383 y 387 con el prefijo CR/MP/-.

01	(A – D)	(4)	**Gneises granatíferos**, Papallacta.
02	(A – D)	(4)	**Rocas volcánicas Misahuallí**, Archidona.
03		(1)	**Granodiorita**, Cantera Azafrán.
04	(A – J)	(10)	**Monzonita**, Marcabelí.
05	(A – B)	(2)	**Anfibolita**, Arenillas.
06	(A – E)	(5)	**Gneises granatíferos**, cerca de La Bocana.
07	(A – B)	(2)	**Pegmatitas con moscovita**, cerca de La Bocana
08	(A – B)	(2)	**Anfibolitas**, Portovelo.
09	(A – J)	(10)	**Metagranitoide**, norte de Valladolid.
10	(A – D)	(4)	**Gneises granatíferos**, Valladolid.
11	(A – I)	(9)	**Granito Tres Lagunas**, norte de Malacatos.
12	(A – J)	(10)	**Migmatita Sabanilla**, Sabanilla.
13	(A – B)	(2)	**Dioritas hornbléndicas**, Río Chicaña.
14	(A – K)	(11)	**Granito Tres Lagunas**, Tres Lagunas.
15		(1)	**Granodiorita**, norte de Saraguro.
16	(A – D)	(4)	**Granito Tres Lagunas**, Mina Peggy.
17	(A – D)	(4)	**Complejo Tampanchi (gabro),** Tampanchi.
18		(1)	**Andesita**, Los Planes.
19		(1)	**Pegmatita con moscovita**, La Bocana.
20	(A – B)	(2)	**Anfibolitas**, Guarumales, Río Paute.
21	(A – C)	(3)	**Metasedimentos granatíferos**, Río Paute.
22	(A – B)	(2)	**Granodiorita**, Río Paute.
23	(A – D)	(4)	**Semipelitas granatíferas**, Loja.
24	(A – D)	(4)	**Gneises granatíferos**, Monte Olivo.
664	(D)	(1)	**Granodiorita**, Chuquiragua
681		(1)	**Granodiorita**, Río La Canela
815		(1)	**Pórfido**, Portachuela
819	(A – B)	(2)	**Pórfido**, Portachuela
387	(C)	(1)	**Anfibolita**, Tampanchi
383	(A)	(1)	**Anfibolita**, Tampanchi

Tabla 2. Datos Rb-Sr.

Muestra No.	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb/Sr	$^{87}Sr/^{86}Sr$
Plutón Marcabelí, El Oro				
4A	129.8	120.3	1.1061	0.723104
4B	128.0	124.6	1.0532	0.722230
4C	121.1	121.4	1.0234	0.721802
4D	113.1	104.2	1.1128	0.719046
4E	129.2	103.5	1.2808	0.723970
4F	142.2	122.7	1.1889	0.721411
4G	126.2	118.3	1.0943	0.720337
4H	127.4	108.71	1.2025	0.724581
4I	116.4	104.0	1.1485	0.719453
4J	138.5	102.8	1.3821	0.722461
Ortogneis, paso entre Loja y Valladolid				
9A	139.6	79.2	1.7069	0.734322
9B	136.6	73.3	1.9107	0.735133
9C	115.7	64.5	1.8405	0.734817
9D	112.0	83.6	1.3734	0.728841
9E	141.0	86.6	1.6705	0.735410
9F	134.9	97.6	1.4184	0.727562
9G	122.7	118.0	1.0680	0.722429
9H	222.6	147.5	1.5479	0.733774
9I	130.8	134.1	1.000	0.724539
9J	136.0	116.8	1.1935	0.728270
Granito Tres Lagunas, Malacatos				
11A	124.5	142.0	0.8995	0.719228
11B	124.6	138.3	0.9250	0.719943
11C	129.5	133.8	0.9927	0.719672
11D	117.5	144.6	0.8338	0.718839
11E	126.1	137.1	0.9427	0.719751
11F	131.9	168.0	0.8053	0.718713
11G	138.7	99.5	1.4295	0.721565
11H	134.3	131.1	1.0507	0.720755
11I	135.1	129.4	1.0669	0.720828
Ortogneis Sabanilla				
12A	106.2	188.7	0.5771	0.718015
12B	97.8	207.8	0.4825	0.716907
12C	83.7	182.5	0.4706	0.716864
12D	82.8	178.6	0.4754	0.716712
12E	104.0	204.9	0.5202	0.717176
12F	100.3	191.3	0.5378	0.717407
12G	117.5	209.9	0.5742	0.717429
12H	87.9	188.6	0.4782	0.716711
12I	82.7	176.2	0.4816	0.716707
12J	73.5	214.5	0.3514	0.715962

Tabla 2. Datos Rb-Sr. (*continuación*)

Muestra No.	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb/Sr	$^{87}Sr/^{86}Sr$
Granito Tres Lagunas, Tres Lagunas				
14A	189.7	95.0	2.0502	0.728677
14B	174.8	106.9	1.6770	0.725903
14C	186.7	93.3	2.0522	0.728931
14D	182.7	102.0	1.8379	0.728399
14E	175.1	97.3	1.8459	0.726842
14F	217.6	85.7	2.6050	0.730760
14G	186.3	97.7	1.9560	0.729059
14H	197.0	85.8	2.3562	0.730438
14I	173.7	103.2	1.7274	0.725799
14J	169.8	109.9	1.5839	0.725207
14K	144.7	102.1	1.4490	0.723795

Tabla 3. Datos Sm-Nd.

Todas las muestras tienen el prefijo CR/SH/89-
Abreviaciones: gt – granate; ogt – granate naranja; pgt – granate rosado; wr – roca total

Muestra No.	Sm (ppm)	Nd (ppm)	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Sm/^{144}Nd$
Conjunto de gneis granatífero, Papallacta				
1A (wr)	5.72	17.45	0.1982	0.512903
1A (gt)	1.82	6.00	0.1834	0.512923
1B (wr)	10.12	49.77	0.1229	0.512066
1B (gt)	8.49	33.95	0.1512	0.512122
1C (wr)	5.70	23.90	0.1441	0.512424
1C (gt)	6.76	24.69	0.1591	0.512630
1D (wr)	8.84	44.96	0.1189	0.512011
1D (gt)	5.84	24.30	0.1453	0.511994
1E (wr)	8.16	41.11	0.1200	0.512025
1E (ogt)	8.18	36.30	0.1362	0.512053
1E (pgt)	5.66	22.10	0.1548	0.512083
Conjunto de gneis granatífero, El Oro				
6A (wr)	5.59	30.63	0.1102	0.512075
6A (gt)	4.56	14.52	0.1898	0.512220
6B (wr)	7.63	37.41	0.1232	0.512132
6B (gt)	6.62	23.54	0.1700	0.512170
6C (wr)	6.33	34.64	0.1105	0.512074
6C (gt)	4.22	10.73	0.2377	0.512280
6D (wr)	7.92	40.13	0.1193	0.512111
6D (gt)	5.53	16.74	0.1997	0.512245
6E (wr)	7.23	38.83	0.1126	0.512099
6E (gt)	4.83	14.93	0.1956	0.512237
Granito Tres Lagunas, Malacatos				
10A (wr)	5.11	24.09	0.1283	0.512056
10A (gt)	8.24	33.85	0.1471	0.512013
10C (wr)	7.07	31.57	0.1355	0.512067
10C (gt)	7.46	36.92	0.1221	0.512038
10D (wr)	6.69	33.11	0.1221	0.512049
10D (gt)	5.94	26.72	0.1344	0.512052
Conjunto de Granito Tres Lagunas, Tres Lagunas				
14D (wr)	6.41	28.93	0.1339	0.512283
14D (gt)	13.97	41.23	0.2048	0.512410
14E (gt)	18.65	86.81	0.1299	0.512271
14F (wr)	6.80	29.92	0.1374	0.512304
14F (gt)	6.29	26.81	0.1418	0.512340

Tabla 4. Datos K-Ar y edades calculadas.

Todas las muestras tienen el prefijo CR/SH/89-
Abreviaciones: atm – atmosférico; rad – radiogénico; hb – hornblenda; bt – biotita; mosc – moscovita; wr – roca total

Muestra No.	K (%)	Atm ^{40}Ar (%)	Rad ^{40}Ar (nl/g)	Edad (Ma)
Gneises granatíferos, Papallacta				
1A (hb)	0.294	76.51	4.301	342 ± 23
1A (hb)	0.294	44.89	3.815	306 ± 10
1B (bt)	5.817	27.13	243.146	844 ± 20
1B (bt)	5.741*	9.29	253.597	881 ± 44
1C (mosc)	6.965	50.93	20.373	73.7 ± 3
Plutón Marcabelí, El Oro				
4A (bt)	7.497	72.05	61.798	201 ± 12
4A (mosc)	8.405	9.72	74.353	214 ± 6
4H (bt)	7.651	7.06	70.042	221 ± 6
4H (mosc)	6.997	74.92	55.487	193 ± 13
Anfibolitas, Arenillas, El Oro				
5A (hb)	0.370	91.23	1.062	72.4 ± 15
5B (hb)	0.358	76.17	1.051	74.0 ± 6
5B (hb)	0.358	81.36	1.080	76.0 ± 7
Gneises granatíferos, El Oro				
6B (bt)	6.26	28.24	54.375	211 ± 6
6C (mosc)	7.04	11.08	61.822	213 ± 6
6D (mosc)	5.68	14.82	48.492	207 ± 6
Gneises pegmatíticos, El Oro				
7A (msc)	8.45	32.94	76.941	220 ± 6
7A (bt)	7.47	8.67	66.548	216 ± 6
Anfibolitas, Portovelo				
8A (hb)	0.07	88.72	0.602	224 ± 34
8B (hb)	0.05	75.43	1.389	647 ± 37
Gneises granatíferos, Valladolid				
10A (mosc)	6.54	43.85	17.809	68.8 ± 2
10A (bt)	7.02	28.51	23.672	84.7 ± 2
10C (bt)	7.20	23.56	23.274	81.3 ± 2
10C (mosc)	6.50	58.22	18.926	73.4 ± 3
10 (bt)	7.41	32.83	24.085	81.8 ± 2

Tabla 4. Datos K-Ar y edades calculadas. (*Continuación*)

Muestra No.	K (%)	Atm ^{40}Ar (%)	Rad ^{40}Ar (nl/g)	Edad (Ma)
Granito Tres Lagunas, Malacatos				
11A (mosc)	7.45	44.87	29.642	99.6 ± 3
11A (bt)	7.43	85.80	18.996	64.6 ± 9
11B (mosc)	7.32	18.07	28.793	98.5 ± 3
11B (bt)	7.43	67.56	18.531	63.1 ± 3
11F (mosc)	7.75	32.59	30.615	98.9 ± 3
11F (bt)	7.26	46.30	18.827	65.5 ± 2
Ortogneis Sabanilla, W de Zamora				
12A (bt)	7.83	32.67	26.348	84.5 ± 3
12A (mosc)	6.09	33.14	15.841	65.7 ± 2
12C (bt)	7.78	15.23	26.784	86.4 ± 2
12C (mosc)	5.72	50.44	14.864	65.6 ± 2
Dioritas, Río Chicaña				
13A (hb)	0.17	63.96	1.331	193 ± 9
13B (hb)	0.16	81.95	1.230	187 ± 17
Granito Tres Lagunas, Tres Lagunas				
14D (bt)	7.225	25.96	17.619	61.7 ± 2
14D (mosc)	6.29	61.01	16.812	67.5 ± 3
14E (bt)	7.09	33.25	14.109	50.5 ± 2
14E (mosc)	8.13	36.11	23.584	73.1 ± 2
14F (bt)	7.26	43.42	17.725	61.7 ± 2
14F (mosc)	7.77	47.33	21.186	68.8 ± 2
Complejo máfico-ígneo Tampanchi, Tampanchi				
17A (hb)	0.53	63.40	1.386	65.7 ± 3
17B (hb)	0.51	71.69	1.229	61.2 ± 4
17C (wr)	0.12	88.29	0.276	60.6 ± 10
Gneis pegmatítico, El Oro (respecto a las muestras 07)				
19 (mosc)	8.51	15.30	65.994	189 ± 5

APÉNDICE 2c

Determinaciones K/Ar adicionales de la Cordillera Real
por
C. C. Rundle / Dr. S. Harrison

Muestra No.	% K	% Atm	Rad40 ± %	Edad (Ma) ± 2-sigma	Ubicación
RM1 (hb)	0.593	59.3	3.161 ± 1.8	132 ± 5	Batolito Río Mayo, este de Zumba (Río Mayo) (Granodiorita)
RM1 (bt)	4.64	15.9	19.29 ± 1.0	104 ± 3	
485 (hb)	0.481	37.6	3.247 ± 1.2	166 ± 5	Batolito Zamora-Río Mayo, Porvenir, Q. de los Derrumbes (Granodiorita)
485 (bt)	4.04	52.0	28.73 ± 1.5	174 ± 6	
681 (hb)	0.916	22.5	5.708 ± 1.0	153 ± 5	Batolito Zamora-Río Mayo, La Canela (Granodiorita)
681 (bt)	5.67	23.5	34.53 ± 1.1	150 ± 4	
18 (wr)	0.305	85.4	0.866 ± 6.1	72 ± 9	Los Planes, este de Zamora (Andesitas)
15 (bt)	7.11	27.9	15.27 ± 1.1	54 ± 4	Río Pichinal, este de Saraguro (Granodiorita)

NB: La muestra 15 (bt) era muy heterogénea, por consiguiente, hay un error de 4% en el contenido de K, lo que se refleja en el error relativamente alto de la edad, sin embargo, aún es en gran medida más joven que las otras. Todos los resultados de K tienen asignado el usual error de 1%.

APÉNDICE 3

Análisis químico de rocas plutónicas y metaplutónicas del Ecuador

(Elementos mayores, TiO_2 y P_2O_5 están indicados como wt%, los demás elementos como ppm)

TABLA 1. Batolito Abitagua

MUESTRA	CR5A	CR5C	CR5D	CR5F	CR5I	CR6B	CR6E	CR6G	CR6J	CR6K
SiO_2	77.65	77.57	73.28	68.64	76.97	65.40	74.71	75.57	75.67	57.30
TiO_2	0.06	0.06	0.23	0.35	0.07	0.54	0.14	0.13	0.13	0.61
Al_2O_3	12.65	12.53	14.12	16.10	12.65	16.41	13.39	12.65	12.86	20.07
Fe_2O_3	0.47	0.62	0.88	1.25	0.49	1.39	0.81	1.10	0.66	2.08
FeO	0.29	0.28	0.93	1.60	0.33	2.32	0.92	0.65	0.72	3.86
MnO	0.08	0.08	0.05	0.09	0.03	0.09	0.07	0.07	0.05	0.16
MgO	0.00	0.00	0.33	0.75	0.01	1.17	0.17	0.00	0.00	1.79
CaO	0.38	0.39	1.62	3.02	0.62	3.23	0.58	0.47	0.54	5.94
Na_2O	3.87	3.80	3.82	4.73	3.95	3.51	3.94	3.77	3.84	4.75
K_2O	4.47	4.41	3.69	2.63	4.44	5.08	4.66	5.07	5.09	2.14
P_2O_5	0.03	0.03	0.09	0.14	0.03	0.19	0.05	0.03	0.03	0.32
LOI	0.32	0.35	0.65	0.89	0.28	0.69	0.61	0.21	0.26	0.83
Total	**100.27**	**100.12**	**99.69**	**100.19**	**99.87**	**100.02**	**100.05**	**99.72**	**99.85**	**99.85**
Fe_2O_3T	0.80	0.93	1.91	3.03	0.86	3.97	1.83	1.82	1.46	6.37
Cr	24	23	26	17	26	22	18	39	21	15
Cu	0	0	4	11	3	22	3	23	3	12
Ga	13	14	13	14	11	17	12	10	12	19
Nb	10	10	5	5	8	11	10	16	16	8
Ni	2	2	3	2	2	5	3	142	2	6
Pb	18	18	10	10	20	20	15	40	19	13
Rb	163	161	87	66	154	134	166	236	242	52
Sr	24	27	261	425	55	432	108	16	12	955
Th	17	14	4	3	19	5	16	30	22	0
V	7	0	22	29	1	52	8	7	3	73
Y	18	18	11	12	21	22	28	44	37	19
Zn	23	21	41	40	20	53	32	55	22	84
Zr	71	71	111	141	93	207	140	175	158	159
TiO_2	0.06	0.06	0.28	0.39	0.07	0.54	0.15	0.11	0.12	0.68
Ba	144	173	1515	1342	143	1218	407	39	74	1385
La	2	19	10	7	31	27	28	40	42	12
Ce	29	40	10	12	58	38	58	101	80	41
Nd	8	11	5	13	13	22	25	46	26	19
Cl	227	215	204	430	242	373	327	171	467	301
S	80	80	86	79	82	150	126	159	88	104
P_2O_5	0.03	0.03	0.11	0.16	0.04	0.22	0.06	0.03	0.03	0.40
TiO_2	0.07	0.07	0.29	0.41	0.07	0.59	0.17	0.12	0.14	0.73

TABLA 2. Batolito Zamora

MUESTRA	CR16D	CR16E	CR16F	CR16G	CR16H	CR21A	CR21B	CR21D	CR21F
SiO_2	78.50	65.79	67.36	50.60	54.70	65.22	65.09	53.94	64.97
TiO_2	0.07	0.43	0.39	1.01	0.68	0.41	0.44	0.63	0.42
Al_2O_3	12.32	15.26	15.28	19.14	17.41	16.53	16.05	18.59	16.19
Fe_2O_3	0.53	2.42	2.08	4.66	3.08	2.03	2.03	3.10	1.85
FeO	0.20	2.32	2.05	4.58	4.63	2.14	2.24	4.73	2.18
MnO	0.04	0.11	0.10	0.13	0.13	0.09	0.08	0.20	0.12
MgO	0.00	1.69	1.39	4.00	4.90	1.52	1.57	3.93	1.76
CaO	0.35	4.23	4.07	9.20	8.09	4.82	4.24	7.07	2.71
Na_2O	5.31	4.07	3.99	3.82	3.37	3.78	3.88	4.24	4.08
K_2O	2.49	1.81	1.95	0.56	0.96	2.18	2.44	1.54	3.12
P_2O_5	0.07	0.10	0.10	0.11	0.12	0.15	0.14	0.20	0.13
LOI	0.27	1.34	1.34	1.94	2.02	1.14	1.47	1.86	2.28
Total	**100.15**	**99.57**	**100.10**	**99.75**	**100.09**	**100.01**	**99.67**	**100.03**	**99.81**
Fe_2O_3T	0.76	5.00	4.36	9.75	8.22	4.41	4.52	8.35	4.27
Cr	21	16	13	15	36	31	17	14	16
Cu	3	23	20	31	35	6	5	14	6
Ga	11	14	14	18	17	15	16	21	14
Nb	8	5	5	4	5	6	6	7	7
Ni	4	6	5	12	27	7	6	12	6
Pb	7	6	5	9	5	7	6	10	13
Rb	85	46	51	13	24	66	70	63	98
Sr	48	250	242	374	270	392	368	431	339
Th	38	6	6	2	0	6	8	0	7
V	9	105	88	326	211	64	91	169	76
Y	19	19	17	16	24	17	16	29	18
Zn	9	30	33	36	46	29	32	59	51
Zr	136	89	99	40	71	92	93	91	90
TiO_2	0.07	0.46	0.41	0.91	0.74	0.42	0.48	0.65	0.43
Ba	118	781	722	173	307	583	842	595	1133
La	25	7	4	3	3	10	6	0	7
Ce	41	11	23	11	16	16	6	3	14
Nd	9	16	26	11	17	8	11	9	11
Cl	391	607	552	699	560	354	420	425	366
S	85	88	87	385	217	93	99	126	125
P_2O_5	0.03	0.12	0.11	0.13	0.15	0.17	0.17	0.23	0.15
TiO_2	0.08	0.49	0.45	0.96	0.79	0.46	0.51	0.71	0.48

TABLA 3

	Batolito Azafrán						Metaplutón Sabanilla			
MUESTRA	**CR8A**	**CR8B**	**CR8D**	**CR8E**	**CR8F**	**CR8H**	**CR23A**	**CR23B**	**CR23C**	**CR23H**
SiO_2	76.04	76.37	76.52	76.33	76.20	75.88	71.32	71.42	78.34	73.21
TiO_2	0.12	0.13	0.12	0.11	0.11	0.08	0.74	0.71	0.54	0.50
Al_2O_3	13.09	13.02	12.87	13.00	12.97	13.16	12.93	13.15	10.09	13.22
Fe_2O_3	0.67	0.43	0.56	0.54	0.52	0.62	0.53	0.16	0.32	0.57
FeO	0.47	0.53	0.47	0.53	0.53	0.44	3.70	3.78	2.13	2.94
MnO	0.09	0.08	0.08	0.10	0.10	0.11	0.06	0.06	0.07	0.10
MgO	0.06	0.08	0.10	0.07	0.03	0.03	1.93	1.75	1.09	1.36
CaO	0.83	0.82	0.52	0.75	0.73	0.54	2.23	2.38	3.74	1.47
Na_2O	3.93	3.85	4.02	3.96	3.96	4.34	2.24	2.40	1.44	2.30
K_2O	4.36	4.46	4.31	4.42	4.42	4.29	3.03	2.63	1.11	3.14
P_2O_5	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.17	0.20	0.16	0.16
LOI	0.42	0.41	0.42	0.39	0.40	0.32	1.05	1.10	0.74	1.03
Total	**100.12**	**100.22**	**100.03**	**100.24**	**100.01**	**99.85**	**99.93**	**99.74**	**99.77**	**100.00**
Fe_2O_3T	1.19	1.01	1.08	1.13	1.11	1.11	4.64	4.36	2.69	3.83
Cr	17	23	18	25	22	27	58	59	47	64
Cu	0	2	0	0	1	1	11	12	19	19
Ga	13	13	11	13	12	12	15	16	11	15
Nb	12	14	13	12	17	14	14	14	10	11
Ni	2	3	2	2	3	1	24	23	15	19
Pb	13	13	14	11	11	18	20	15	7	19
Rb	103	130	110	112	114	109	125	112	46	125
Sr	90	78	80	78	74	63	206	201	205	127
Th	9	13	11	11	15	11	9	9	8	7
V	10	14	1	7	0	4	103	91	49	78
Y	13	14	14	15	19	18	29	25	23	23
Zn	32	25	24	23	22	27	73	71	42	65
Zr	95	81	79	91	98	99	258	232	295	183
TiO_2	0.14	0.12	0.13	0.12	0.11	0.08	0.85	0.80	0.59	0.56
Ba	747	457	571	675	638	746	589	479	236	651
La	5	1	5	16	8	11	20	23	12	9
Ce	8	7	18	29	12	21	51	42	47	33
Nd	5	7	13	15	9	8	19	24	32	22
Cl	202	147	206	233	221	232	129	122	92	93
S	82	88	80	84	85	82	133	146	252	353
P_2O_5	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.18	0.21	0.18	0.16
TiO_2	0.14	0.13	0.14	0.13	0.12	0.09	0.91	0.88	0.64	0.60

TABLA 4	Plutón Marcabelí (El Oro)				Metaplutón Valladolid				Complejo máfico Tampanchi	
MUESTRA	**SH4A**	**SH4C**	**SH4E**	**SH4I**	**SH9B**	**SH9E**	**SH9I**	**SH9J**	**383A**	**387C**
SiO_2	72.04	71.87	72.73	71.98	74.20	73.77	73.09	72.47	57.02	44.53
TiO_2	0.49	0.45	0.54	0.34	0.51	0.53	0.48	0.51	1.21	0.93
Al_2O_3	14.17	14.37	13.60	14.67	12.93	13.71	13.41	14.17	14.73	16.91
Fe_2O_3	0.28	0.37	0.35	0.44	0.89	0.77	0.48	0.61	4.42	2.88
FeO	2.63	2.50	2.91	1.92	2.95	2.89	2.96	3.23	6.86	6.88
MnO	0.07	0.07	0.07	0.06	0.08	0.05	0.10	0.06	0.19	0.19
MgO	0.99	1.02	1.10	1.10	1.34	1.04	1.27	1.15	3.31	9.50
CaO	1.82	2.15	1.94	2.23	0.59	0.54	1.23	1.04	9.08	13.52
Na_2O	3.14	3.37	2.94	3.74	1.75	1.45	2.51	2.02	1.29	2.05
K_2O	3.04	2.63	2.93	2.76	3.22	3.15	3.28	3.28	0.16	0.85
P_2O_5	0.16	0.16	0.12	0.11	0.14	0.16	0.17	0.18	0.14	0.34
LOI	0.92	0.96	0.84	0.79	1.44	1.92	1.04	1.47	1.28	1.63
Total	**99.75**	**99.92**	**100.07**	**100.14**	**100.04**	**99.98**	**100.02**	**100.19**	**99.69**	**100.21**
Fe_2O_3T	3.20	3.15	3.58	2.57	4.17	3.98	3.77	4.20	12.04	10.53
Cr	37	31	32	25	84	87	104	77	1	329
Cu	17	6	6	9	13	10	18	13	124	90
Ga	13	15	15	14	15	18	17	18	17	17
Nb	8	9	10	7	10	11	10	12	5	7
Ni	12	9	12	12	197	174	207	150	15	78
Pb	18	16	17	15	25	20	23	31	15	22
Rb	132	123	132	118	141	143	131	139	0	3
Sr	123	123	104	104	76	86	134	118	169	542
Th	7	7	10	7	7	9	9	10	4	1
V	46	44	57	40	84	80	77	87	305	302
Y	27	23	25	25	21	23	22	26	29	23
Zn	55	54	58	42	66	74	76	67	75	116
Zr	166	167	188	119	135	191	160	157	64	66
TiO_2	0.55	0.52	0.62	0.35	0.61	0.71	0.62	0.61	1.17	0.91
Ba	492	276	385	444	1007	532	733	582	245	261
La	9	9	12	4	9	3	15	12	0	5
Ce	41	34	43	42	29	21	26	42	15	42
Nd	27	10	11	21	25	14	16	23	17	25
Cl	121	145	130	177	207	181	199	114	104	146
S	352	131	91	97	93	95	299	369	283	270
P_2O_5	0.16	0.17	0.12	0.11	0.17	0.21	0.17	0.19	0.18	0.43
TiO_2	0.58	0.57	0.66	0.38	0.67	0.77	0.67	0.66	1.24	0.97

TABLA 5. Conjunto Tres Lagunas / Este de Saraguro – Área de Tres Lagunas

MUESTRA	SH14A	SH14B	SH14D	SH14G	SH14H	SH14I	SH14J	SH14K
SiO_2	71.88	70.89	72.74	73.16	71.40	71.18	71.95	68.49
TiO_2	0.55	0.55	0.53	0.45	0.52	0.53	0.54	0.99
Al_2O_3	13.55	14.28	13.30	13.44	13.87	13.68	13.62	14.24
Fe_2O_3	0.76	0.91	0.45	0.50	0.74	0.79	0.89	1.89
FeO	2.57	2.38	2.62	2.20	2.53	2.48	2.29	2.74
MnO	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06	0.09
MgO	1.03	1.04	0.96	0.79	1.01	1.04	1.04	1.25
CaO	1.65	1.73	1.47	1.41	1.54	1.59	1.58	2.84
Na_2O	2.53	2.85	2.49	2.55	2.66	2.49	2.50	3.56
K_2O	4.05	4.17	4.44	4.53	4.17	4.33	4.51	2.53
P_2O_5	0.18	0.18	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19	0.28
LOI	1.23	1.17	0.96	1.01	1.23	1.20	1.09	1.06
Total	**100.06**	**100.22**	**100.22**	**100.29**	**99.94**	**99.57**	**100.26**	**99.96**
Fe_2O_3T	3.62	3.55	3.36	2.95	3.55	3.55	3.43	4.93
Cr	35	33	37	32	37	34	32	65
Cu	14	10	12	10	12	12	16	8
Ga	16	14	14	15	18	15	15	19
Nb	13	13	12	10	13	12	12	16
Ni	13	14	11	12	15	12	13	208
Pb	21	24	27	26	23	26	28	23
Rb	196	181	189	192	206	181	176	151
Sr	95	109	104	98	86	105	111	104
Th	15	13	12	10	14	16	16	22
V	57	57	57	52	59	46	54	89
Y	41	40	40	34	40	38	38	62
Zn	63	61	52	52	71	62	57	85
Zr	185	169	177	155	179	178	184	343
TiO_2	0.58	0.57	0.56	0.47	0.58	0.59	0.57	1.02
Ba	535	775	659	756	481	809	874	259
La	12	18	18	15	15	12	21	31
Ce	64	58	56	38	54	59	49	105
Nd	30	30	30	18	29	29	25	47
Cl	145	118	113	166	150	132	141	130
S	351	353	316	223	407	366	388	363
P_2O_5	0.19	0.19	0.20	0.19	0.20	0.20	0.20	0.29
TiO_2	0.62	0.61	0.60	0.51	0.63	0.62	0.62	1.10

TABLA 6

	Malacatos						Mina Peggy – Área de Sigsig			
MUESTRA	**SH11A**	**SH11C**	**SH11D**	**SH11E**	**SH11F**	**SH11H**	**SH16A**	**SH16B**	**SH16C**	**SH16D**
SiO_2	70.20	70.52	69.85	69.97	68.51	70.01	71.01	70.99	71.38	71.09
TiO_2	0.71	0.68	0.72	0.64	0.75	0.71	0.55	0.55	0.58	0.59
Al_2O_3	13.67	13.64	13.53	13.98	14.10	13.87	13.67	13.73	13.47	13.56
Fe_2O_3	0.95	0.72	0.86	0.72	0.99	0.78	0.65	0.82	0.90	0.86
FeO	3.52	3.59	3.73	3.39	3.80	3.69	2.58	2.52	2.60	2.70
MnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12	0.11	0.09	0.09	0.10
MgO	1.65	1.57	1.73	1.52	1.83	1.70	1.15	1.13	1.24	1.20
CaO	1.96	1.87	1.95	1.89	2.26	1.51	1.82	1.85	1.63	1.82
Na_2O	2.46	2.44	2.33	2.71	2.42	2.39	2.45	2.59	2.46	2.59
K_2O	3.18	3.25	3.14	3.19	3.28	3.44	4.21	3.82	3.92	3.56
P_2O_5	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17
LOI	1.54	1.55	1.59	1.51	1.60	1.64	1.32	1.58	1.46	1.52
Total	**100.12**	**100.10**	**99.70**	**99.79**	**99.81**	**100.03**	**99.68**	**98.84**	**99.89**	**99.76**
Fe_2O_3T	4.86	4.71	5.01	4.49	5.21	4.88	3.52	3.62	3.79	3.86
Cr	107	95	101	89	99	92	39	35	39	38
Cu	23	29	24	16	23	19	13	13	13	13
Ga	20	17	17	16	17	19	14	15	16	16
Nb	11	12	11	11	13	12	11	12	12	12
Ni	212	217	199	206	210	180	13	12	13	15
Pb	22	20	22	23	18	37	45	33	25	22
Rb	128	132	121	129	134	138	150	158	171	153
Sr	146	136	147	139	171	133	132	114	115	106
Th	14	12	13	11	11	13	12	13	13	14
V	100	101	94	97	107	105	65	55	64	70
Y	33	32	34	29	31	30	32	35	34	38
Zn	78	81	77	69	81	148	51	60	58	59
Zr	193	197	200	168	210	197	178	175	181	188
TiO_2	0.88	0.80	0.88	0.74	0.87	0.84	0.57	0.56	0.57	0.62
Ba	818	818	861	781	844	982	1024	660	723	641
La	29	29	29	23	20	23	21	15	15	18
Ce	54	52	58	54	66	60	35	73	57	44
Nd	23	30	19	28	35	33	12	47	37	25
Cl	104	104	92	93	104	95	133	163	101	157
S	884	744	1275	1211	481	811	298	306	443	279
P_2O_5	0.19	0.19	0.19	0.18	0.19	0.20	0.15	0.17	0.15	0.17
TiO_2	0.94	0.87	0.95	0.80	0.94	0.91	0.61	0.60	0.62	0.67

APÉNDICE 4

Estudios petrográficos (4a-4b)

Apéndice 4b: Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

APÉNDICE 4a

PETROGRAFÍA DE ROCAS DEL PROYECTO CORDILLERA REAL

FEBRERO-MARZO – 1990

MISIÓN BRITÁNICA – INEMIN

PETROGRAFÍA DE ROCAS DEL PROYECTO CORDILLERA REAL

1. Introducción

El objetivo de este curso es aprender a identificar las rocas de la Cordillera Real, usando secciones delgadas. Usted aprenderá mirando una colección de láminas delgadas con un microscopio; la experiencia es el mejor entrenamiento. Trataré de que la teoría sea lo más corta posible para que usted se concentre en la experiencia directa de las rocas del terreno de la Cordillera Real. Además, la Cordillera Real contiene muchas rocas especiales, así éstas pueden ser usadas para un entrenamiento general en petrología. Las láminas delgadas que usaremos, no son de la mejor calidad, pero éstas son el tipo de láminas delgadas que un petrógrafo tiene que usar en la práctica.

Cuando usted mira una lámina delgada usted siempre debe estudiar ambos, el mineral y la textura. Algunas veces la textura es la característica más importante porque indica como se formó la roca (ejemplo plutónica, volcánica, metamórfica, sedimentaria, etc.).

Hay cinco tipos de secciones delgadas con muestras de mano. Éstas son:

(a) Serpentinitas y rocas ultramáficas.
(b) Rocas graníticas y gneises graníticos.
(c) Rocas metavolcánicas.
(d) Rocas metasedimentarias.
(e) Rocas de skarn.

Debido a que el Proyecto Cordillera Real ha sido una investigación de rocas más viejas de este terreno, no hay ejemplos de rocas más jóvenes, de rocas volcánicas no metamorfizadas.

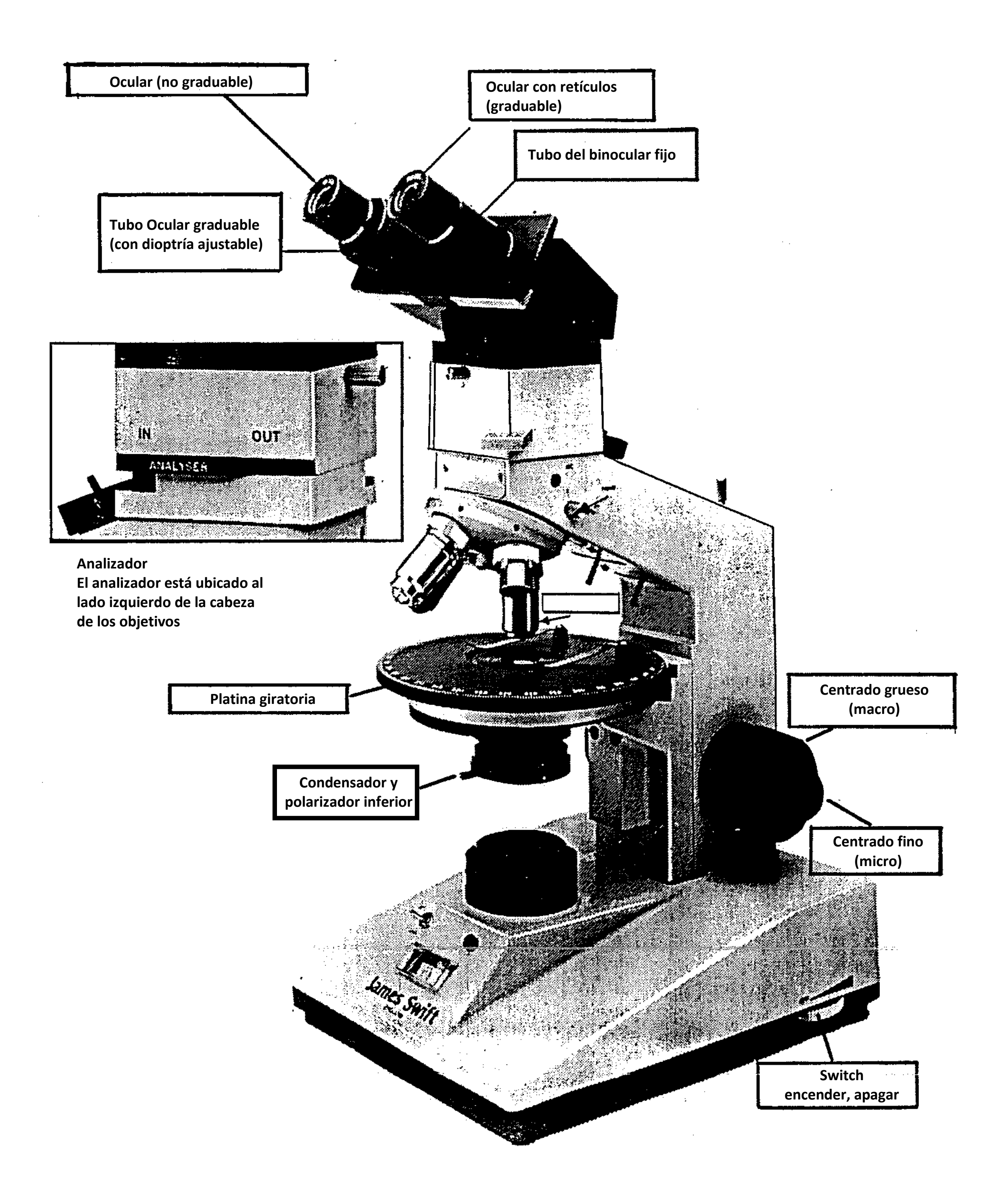
2. El microscopio

En este curso examinaremos láminas delgadas usando un microscopio polarizante. En éste, la luz pasa a través del polarizador (una hoja de plástico polarizado) antes de alcanzar a la lámina delgada. Esto hace que todas las luces vibren en la misma dirección. Además, en algunos trabajos, insertaremos un segundo polarizador entre los lentes y los oculares, éste es llamado el analizador y se encuentra a 90° respecto al polarizador inferior. Con estos arreglos observaremos el efecto óptico llamado interferencia de colores y la posición en la cual el mineral desaparece llamada extinción. Con el analizador fuera, podemos mirar el color, pleocroísmo, forma, relieve y clivaje de los minerales. Con el analizador adentro vemos los colores de interferencia, maclas y orientación de los minerales. Con esta información podemos reconocer a los minerales y además estudiar la textura, lo que nos servirá para identificar las rocas y entender su historia.

2.1 Color

Muchos minerales son incoloros en láminas delgadas. Otros son verdes, cafés, azules y aun amarillos. Algunos colores son muy característicos.

MICROSCOPIO POLARIZANTE



2.2 Pleocroísmo
Algunos minerales cambian de color cuando son rotados en la platina con el analizador afuera. Esto se debe a la forma en la que ellos actúan con la luz polarizada. Esto es muy característico de ciertos minerales.

2.3 Forma
Algunos minerales ocurren con frecuencia como cristales de formas características. Los ejemplos incluyen las micas (láminas), feldespatos (tabletas) y piroxenos (prismas).

2.4 Relieve
Los minerales refractan la luz resplandecida a través de ellos, y ésta puede ser medida por medio del índice de refracción. No haremos esto, pero se debe considerar el índice de refracción porque mientras más alto sea el índice la forma de los minerales parece sobresalir de la lámina delgada. Además, mediante la línea de Becke (el 'test de Becke') es posible determinar si un grano mineral tiene un índice de refracción más alto que el próximo.

2.5 Clivaje
Los cristales de muchos minerales tienen conjuntos de planos de debilidad llamados planos de clivaje. Estos siempre tienen una relación geométrica con la forma de los cristales que podemos ver con el microscopio.

2.6 Birrefringencia
Con el analizador adentro podemos ver los colores brillantes llamados colores de interferencia producidos por la birrefringencia, una propiedad causada por la refracción complicada y la polarización de la luz que tiene lugar cuando la luz pasa a través de la lámina delgada. Algunos minerales proporcionan colores de interferencia más fuertes (altos) que otros, y la potencia puede ser juzgada refiriéndonos a la carta de colores de interferencia. Los colores bajos son vistos como sombras grises-blancas, colores más fuertes son vistos como colores espectrales.

2.7 Maclas
Cristales de algunos minerales, especialmente los feldespatos, contienen planos (maclas planas) en los cuales la estructura atómica del cristal cambia su orientación. Con el analizador adentro esta propiedad produce un patrón aberrante de interferencia de colores.

2.8 Orientación
Con el analizador adentro podemos mirar la orientación óptica de los minerales. Esto tiene dos características. Primero, miramos a la orientación de los cristales cuando ellos están en extinción (no interferencia de color). En algunos la dirección es paralela al eje de las láminas o prismas (extinción paralela), pero en otros produce un ángulo característico (extinción oblicua). En el segundo caso, por ejemplo, tenemos un cristal alineado NNO-SE en la platina del microscopio, entonces insertamos la platina de 'tint' (lámina auxiliar) para ver si el color de interferencia es fuerte o débil. Esto nos permite saber si el cristal tiene elongación positiva o elongación negativa.

También en el nivel más avanzado podemos utilizar el lente objetivo más fuerte y el lente conoscópico para trabajar con las figuras de interferencia, para saber si el mineral es biaxial o uniaxial, su signo óptico y ángulo óptico-axial. Esto no es fácil y nosotros probablemente no tenemos tiempo para trabajarlo en este curso.

3. La lámina delgada

La sección delgada es un corte de roca que debe ser de 30 micrones (0.03 mm) de espesor. En realidad, hacer láminas delgadas es un arte, y ellas nunca son perfectas. El petrógrafo debe reconocer las láminas malas, para evitar confusiones.

Fallas comunes incluyen:

(a) Secciones que son demasiado delgadas o gruesas.
(b) Secciones variando el espesor.
(c) Burbujas de polvo o aire en la resina transparente usada para fijar la lámina en el vidrio.
(d) Huecos en la lámina donde una pieza de roca ha sido arrancada de una roca delgada cortada

La mayoría de las secciones delgadas usadas en este curso tienen algunos de estos problemas.

4. Notas del curso

En las notas siguientes, cada uno de los cinco conjuntos de rocas es presentado, y una descripción corta es dada de cada espécimen. Las notas descriptivas se dividen en cuatro partes:

(a) Número y localización de la muestra.
(b) Nombre de la muestra.
(c) Lista de minerales.
(d) Información adicional.

5. Serpentinitas y otras rocas ultramáficas

5.1 Introducción

Se presentan tres grupos de rocas. (a) Las serpentinitas de Soledad y Urcucocha ocurren como fajas delgadas de afloramientos relacionados a corrimientos mayores. (b) Las rocas de Peltetec vienen de la faja de afloramiento de la mélange ofiolítica que es el sitio de sutura de una mayor subducción dentro de la Cordillera Real. En contraste, (c) el complejo Tampanchi es al momento interpretado como un complejo ultramáfico de intrusión de tipo Alaska. Económicamente las rocas de estos tipos deberían ser vistos como posibles sitios de enriquecimiento en Cr, Ni, Au y PGM (grupo de metales del platino: Pt, Ir, Os, Rh, etc).

(a) Soledad

- **RB-140A**

Serpentinita
Minerales: Antigorita, talco, cromita, magnetita.
Información adicional: Masiva, grano fino, no deformada.

(a) Urcucocha

- **RB-353F**

Serpentinita con venas magnesíticas.
Minerales: Antigorita, magnesita, talco, cromita, magnetita.
Información adicional: Masiva, vetas de magnesita y talco

- **RB-353H**

Roca tremolítica
Minerales: Tremolita, antigorita.
Información adicional: Malla de tremolita áspera con antigorita intersticial.

(b) Área de Peltetec

- **RB-59C**

Peridotita con feldespato
Minerales: Augita, antigorita, feldespato alterado, olivino alterado, magnetita.
Información adicional: no deformada.

- **RB-59B**

Gabro alterado con olivino
Minerales: Augita, clorita, tremolita, hornblenda, feldespato alterado, cuarzo.
Información adicional: casi no deformado; fuertemente alterado con relictos de augita.

- **RB-225I**

Gabro alterado
Minerales: Plagioclasa, calcita, moscovita, albita, cuarzo.
Información adicional: no deformado; la augita ha sido remplazada por carbonato y venas de albita.

(c) Tampanchi

- **MP-374**

Piroxenita con olivino
Minerales: Augita, olivino, hornblenda, magnetita, serpentinita, talco.
Información adicional: no deformada; no alterada excepto por meteorización parcial de olivino a mezcla de talco-serpentinita; hornblenda remplazando a augita.

- **RB-247H**

Piroxenita con olivino
Minerales: Augita, hornblenda, olivino alterado, magnetita.
Información adicional: no deformada; olivino alterado a material rojo, hornblenda remplazando a olivino.

- **RB-247M**

Hornblendita con plagioclasa
Minerales: Hornblenda, plagioclasa, epidota, moscovita, albita.
Información adicional: no deformada; plagioclasa parcialmente alterada, roca pegmatoide.

- **RB-247F**

Hornblendita con plagioclasa
Minerales: Hornblenda, epidota, moscovita, albita, cuarzo.
Información adicional: no deformada; pegmatita; toda la plagioclasa primaria ha sido completamente meteorizada.

- **MP-370**

Basalto con hornblenda
Minerales: Hornblenda, plagioclasa
Información adicional: no deformado; grano-fino, fenocristales de hornblenda incluyendo a algunos con forma de relictos de augita.

6. Rocas graníticas

Numerosos cuerpos de rocas graníticas son encontrados en la Cordillera Real. Los estudios de las proporciones relativas de cuarzo, feldespato-K y plagioclasa indican que la mayoría son monzonitas, tonalitas y dioritas.

La textura va de magmática a metamórfica y milonítica. La mayoría de las rocas son del tipo-I (derivadas por la fusión del manto superior). Otros, el conjunto de granito Tres Lagunas, son de tipo-S (derivados de la fusión de la corteza inferior durante las colisiones de continente-continente). Los granitos de tipo-I están asociados con skarn, pórfido (Cu, Mo, Au) y tipos epitermales (Au) de depósitos minerales. Los tipos-S están asociados con depósitos de estaño, tungsteno, niobio, litio, berilo, uranio y otros metales.

(a) Plutón Pimampiro

- **RB-171A**

Tonalita con hornblenda
Minerales: Plagioclasa, cuarzo, biotita, hornblenda, clorita, mineral opaco.
Información adicional: no deformada; muy poca alteración.

(b) Río Verde (complejo ígneo Azafrán)

- **46**

Monzonita – cuarzo
Minerales: Plagioclasa, cuarzo, ortoclasa, hornblenda, biotita, epidota, sericita, material opaco.
Información adicional: no deformada; de grano medio, la epidota y sericita se formaron por la alteración de la plagioclasa.

(c) Metaplutón Chingual

- **MC-650C**

Granodiorita con hornblenda
Minerales: Cuarzo, plagioclasa, biotita, hornblenda, ortoclasa, material opaco, epidota.
Información adicional: deformada; recristalización en los bordes del grano.

(d) Oyacachi "granito de cuarzo azul"

- **MC-462A**

Gneis de granito (ortogneis con granate)
Minerales: Cuarzo, sericita, moscovita, clorita, granate, material opaco.
Información adicional: fuerte fábrica metamórfica y alteración completa de feldespato y biotita.

- **MC-462B**

Gneis de granito (ortogneis)
Minerales: Cuarzo, sericita, ortoclasa, albita, clorita, material opaco.
Información adicional: fábrica metamórfica y alteración fuerte.

(e) Tampanchi

- **MP-375B**

Granodiorita milonítica
Minerales: Cuarzo, plagioclasa, biotita, epidota, moscovita, microclina.
Información adicional: cizallada (protomilonita).

- **TAMP(B)**

Granodiorita milonítica
Minerales: Cuarzo, plagioclasa, biotita, moscovita, epidota, microclina.
Información adicional: fuertemente cizallada y recristalizada (milonita).

- **TAMP(C)**

Granito cizallado
Minerales: Cuarzo, albita, biotita, epidota.
Información adicional: relictos de feldespato y cristales de cuarzo "sobreviven" a un cizallamiento fuerte; recristalización de la roca.

(f) Tipo Tres Lagunas

- **FV-343. Río Zavala**

Granito – milonita
Minerales: Cuarzo, moscovita, biotita, carbonato, material opaco, albita, turmalina, granate.
Información adicional: cizallado y meteorizado.

- **853. Río Zavala**

Granito con biotita
Minerales: Cuarzo, albita, ortoclasa, sericita, epidota, biotita, granate.
Información adicional: meteorización de plagioclasa; muy poca alteración.

- **FV-356**

Granito – milonita
Minerales: Cuarzo, albita, ortoclasa, moscovita, biotita, clorita, carbonato, circón, material opaco.
Información adicional: fuertemente cizallado y con algo de meteorización.

- **FV-329**

Granodiorita con biotita
Minerales: Cuarzo, sericita, albita, ortoclasa, biotita, epidota, granate.
Información adicional: algo de meteorización y deformación.

- **FV-335**

Granito con biotita
Minerales: Cuarzo, albita, ortoclasa, sericita, zoisita, biotita, moscovita, granate, mineral opaco.
Información adicional: meteorización de plagioclasa y deformación débil.

7. Rocas metavolcánicas

El metamorfismo deforma y destruye completamente los rasgos texturales característicos de las rocas volcánicas. Las rocas basálticas se alteran a esquistos de clorita y anfibolita. Las rocas más ácidas algunas veces retienen la textura porfirítica, pero las tobas pueden perder sus rasgos ígneos. Por esta razón, nosotros con frecuencia tenemos que hacer una conjetura acerca del origen de los esquistos feldespáticos y de los esquistos ricos en mica. Este pequeño grupo de especímenes ilustra muchos de estos rasgos. Las secuencias basálticas contienen un tipo-Cyprus con depósitos de cobre. Los volcánicos ácidos contienen depósitos polimetálicos tipo-Kuroko y tipo Roseberry. Las rocas volcánicas también proveen la fuente de metales para depósitos de venas polimetálicas.

(a) Cerca de Monte Olivo

- **RB-179A**

Esquisto de clorita (metabasalto)
Minerales: Cuarzo, calcita, hornblenda, epidota, biotita.
Información adicional: alteración completa de basalto durante el desarrollo de la textura del esquisto.

(b) Río Palora

- **RB-108**

Meta-andesita con clorita
Minerales: Cuarzo, albita, clorita, epidota, material opaco, turmalina, apatito, biotita.
Información adicional: recristalizado durante el desarrollo de la textura del esquisto, pero los fenocristales de feldespato han 'sobrevivido'.

(c) Atillo Macas

- **FV-876**

Esquisto metavolcánico – División Loja
Minerales: Cuarzo, moscovita, clorita, ortoclasa, granate, material opaco, epidota.
Información adicional: Esquistos fuertemente cizallados probablemente de origen volcánico (quizás una toba andesítica).

- **FV-887 (1)**

Esquisto metavolcánico – División volcánica Subandina
Minerales: Cuarzo, moscovita, biotita, material opaco, turmalina, circón.
Información adicional: esquisto cizallado cuyo posible origen es una toba andesítica.

- **FV-887(2)**

Meta-andesita esquistosa – División volcánica Subandina
Minerales: Cuarzo, albita, biotita, clorita, moscovita, material opaco.
Información adicional: roca esquistosa en la cual los fenocristales de feldespatos han 'sobrevivido'.

- **FV-867**

Meta-andesita esquistosa – División Alao-Paute
Minerales: Cuarzo, albita, epidota, clorita.
Información adicional: puede haberse desarrollado una estructura lenticular esquistosa por ensanchamiento de vesículas o de tobas soldadas.

8. Rocas metasedimentarias

El metamorfismo de las rocas sedimentarias desarrolla una variedad de cuarcitas, esquistos y mármoles. Los esquistos son importantes porque ellos frecuentemente contienen minerales que indican el grado de metamorfismo con referencia a los sistemas clásicos de Winkler, Miyashiro, Turner y Verhoogen, y otros. Los ejemplos en esta colección contienen muchos de los indicadores minerales incluyendo granate, estaurolita, andalucita, cloritoide, sillimanita y cianita. Dos rocas adicionales son de mármol negro rico en material carbonáceo de grano muy fino de origen orgánico. Las rocas sedimentarias pueden contener enormes depósitos de Zn, Pb, Cu y Ag, pero las más usuales proveen la fuente de metales para depósitos de venas polimetálicas.

(a) Catamayo-Loja-Zamora. División Loja

- **FV-29A**

Filita
Minerales: Cuarzo, moscovita, material grafítico, estaurolita.
Información adicional: fábrica de esquisto poblada de cristales de estaurolita.

- **FV-29B**

Esquisto de estaurolita
Minerales: Cuarzo, estaurolita, moscovita, biotita, feldespato, material opaco.
Información adicional: la abundante estaurolita es post-cinemática.

(b) Área de Cerro Hermoso

- **RB-327**

Esquisto de granate-moscovita
Minerales: Cuarzo, moscovita, granate, hornblenda, material opaco, turmalina, epidota.
Información adicional: los cristales de granate han sido rotados antes del crecimiento tardío de hornblenda.

- **RB-311**

Esquisto de granate-moscovita
Minerales: Granate, cuarzo, moscovita, clorita, hematita.
Información adicional: los cristales de granate tienen sombras de presión, la clorita es de formación tardía.

- **RB-309**

Esquistos de andalucita
Minerales: Cuarzo, moscovita, andalucita.
Información adicional: fangolita metamorfizada.

- **RB-313A**

Esquisto cálcico con granate-cloritoide
Minerales: Granate, cloritoide, cuarzo, calcita, mineral opaco, clorita.
Información adicional: cristales de granate ‘esponjosos’ preservan la fábrica temprana.

- **RB-323F**

Esquistos de cloritoide
Minerales: Moscovita, cloritoide, turmalina, cuarzo, rutilo, hematita.
Información adicional: cloritoide azul pálido; turmalina azul-verdosa fuerte.

- **RB-324**

Cuarcita cizallada
Minerales: Cuarzo, sericita, moscovita, cordierita.
Información adicional: lentes de sericita estirados a lo largo de la zona cizallada.

- **RB-310**

Mármol negro
Minerales: Calcita, material opaco (carbonáceo), cuarzo.
Información adicional: grano fino, con fuerte fábrica metamórfica.

- **RB-302**

Mármol negro
Minerales: Calcita, material opaco (carbonáceo), cuarzo.
Información adicional: grano fino, con fuerte fábrica metamórfica.

(c) Basamento de Sabanilla

- **FV-44**

Gneis de sillimanita
Minerales: Sillimanita, biotita, cuarzo, albita, material opaco.
Información adicional: grado alto de metamorfismo.

- **FV-45**

Gneis de cianita
Minerales: Cianita, biotita, ortoclasa, cuarzo, moscovita.
Información adicional: grado alto de metamorfismo.

9. Skarns

Los skarns son rocas formadas por metasomatismo de calizas y otras rocas reactivas alrededor de un nivel ácido e, intrusiones intermedias. A lo ancho del mundo contienen depósitos muy importantes de oro, cobre, zinc y otros metales. Los especímenes de esta colección vienen de dos partes de la Cordillera Real. La mayoría son de skarns de los Llanganates y de áreas relacionadas. Estos no contienen mineralización en lo que conocemos al momento. Los dos especímenes son de la mina de oro del distrito de Nambija y así son representativos de una clase importante del depósito conocido como “skarns de oro”.

(a) Río Chalpi (Oyacachi)

- **MP-472E**

Esquisto de diópsido
Minerales: Cuarzo, ortoclasa, moscovita, biotita, diópsido, material opaco.
Información adicional: Etapa temprana de alteración a skarn de esquisto.

- **MP-480E**

Skarn de granate
Minerales: Cuarzo, granate, hedenbergita, hornblenda, calcita.
Información adicional: Meteorización de calcita de skarn.

(b) Sara Urco

- **MP-553C**

Skarn
Minerales: Hedenbergita, epidota, ferrohastingsita, biotita, calcita, cuarzo.
Información adicional: Meteorización de calcita de skarn.

- **MP-615**

Skarn de granate
Minerales: Granate, prehnita, actinolita, moscovita, epidota, calcita.
Información adicional: meteorización compleja de granate de skarn temprano.

(c) Distrito de oro de Nambija

- **JA-2**

Skarn de granate
Minerales: Granate, cuarzo, calcita, diópsido.
Información adicional: granate y diópsido temprano en cuarzo y calcita tardía.

- **JA-9**

Skarn calcáreo
Minerales: Granate, cuarzo, calcita, minerales opacos.
Información adicional: meteorización avanzada de calcita en roca con abundante oro.

(d) Río Mulatos (Llanganates)

- **RB-137**

Skarn de granate
Minerales: Granate, cuarzo, hornblenda, estilpnomelana, material opaco, apatito.
Información adicional: meteorización compleja con estilpnomelana muy oscura.

- **281**

Skarn de epidota
Minerales: Epidota, calcita, hornblenda, minerales opacos, cuarzo, biotita, titanita.
Información adicional: la alta concentración de minerales opacos está asociada con la meteorización de calcita de skarn de epidota.

APÉNDICE 4b

PETROGRAFÍA DE ROCAS SELECCIONADAS DE LA CORDILLERA REAL, ECUADOR

Neil J. Fortey Bsc, PhD, F.G.S
Mineral Sciences Group,
British Geological Survey,
Keyworth
Nottingham NG12 5GG,
United Kingdom

1. Introducción

Este informe petrográfico fue compilado durante la visita del autor en enero de 1990, al Proyecto Cordillera Real, auspiciado por ODA, con sede en Quito. El trabajo fue realizado en las oficinas del proyecto en INEMIN (Instituto Ecuatoriano de Minería) usando un microscopio petrográfico convencional. Los 114 especímenes examinados fueron seleccionados por el Dr. M. Litherland (Líder del Proyecto) de una colección acumulada por el Proyecto desde sus inicios en 1986. Las muestras fueron recolectadas durante las travesías a la Cordillera Real por los geólogos del Proyecto Dr. Martin Litherland, Ing. F. Viteri Santamaría, Dr. John Aspden e Ing. M. Pozo Torres.

El Dr. Litherland ha escogido los especímenes de modo que estos representen una serie de conjuntos temáticos cada uno relevante para la interpretación del potencial económico de un área en particular. Los temas abordados fueron los siguientes:

(a) Serpentinitas y rocas relacionadas de las fajas Central y Oriental (potencial para Cr, Ni, Au, Pt).
(b) Cinturón ofiolítico Peltetec (potencial para Cr, Ni, Au, Pt).
(c) El cinturón del “granito alumínico” de Oyacachi-Papallacta (potencial para Sn, W).
(d) El complejo máfico/ultramáfico Tampanchi (potencial para elementos del grupo del platino).
(e) Skarns auríferos de Nambija (actualmente explotados para oro).
(f) Campo de skarn de los Llanganates y relacionados (potencial para Cu, Zn, Mo).
(g) Cinturón de pegmatita Monte Olivo (potencial para Sn, W, Nb).

Los anteriores informes petrográficos/mineralógicos realizados por el Dr. B. Beddoe-Stephens, Mr. J. Dangerfield y el presente autor han descrito rocas y granos de oro aluvial de Nambija y otros lugares de mineralización, así también a los granitoides tipo-S Tres Lagunas y otros plutones. Reportes adicionales por consultores externos han tratado con las litologías de skarn de Nambija y los Llanganates.

Como fue solicitado por el Dr. Litherland, este reporte se presenta como una serie de resúmenes de cada grupo de especímenes. No se incluye descripciones individuales de secciones delgadas, pero notas de borrador están en poder del proyecto y del autor, los detalles son registrados con mayor formalidad en los formatos de descripción de rocas del proyecto. Los anteriores resultados del Proyecto se encuentran en tres Informes Anuales de 1987, 1988 y 1989, referidos como el primer, segundo y tercer Informe Anual, respectivamente.

El Proyecto Cordillera Real es un trabajo de cooperación técnica bilateral entre los Gobiernos de Ecuador (INEMIN: Ministerio de Energía y Minas) y el Reino Unido (Overseas Development Administration). La presente visita fue realizada a petición del Dr. J. Bennett del BGS Overseas Division. El autor agradece al Dr. y Sra. Aspden por una introducción acerca del país y del Proyecto, y a la Lcda. Fabiola Alcocer Carrasco (Secretaria de la Misión) cuya ayuda y paciencia fueron muy apreciadas.

2. Serpentinitas y rocas relacionadas de las fajas Central y Oriental

2.1 Serpentinita Soledad

Fueron examinadas siete secciones delgadas, de los especímenes RB-342, RB-296A, RB-136, RB-140A, RB-144G, 261 y RB-1G. En todas, el mayor componente es una red de antigorita entrelazada; formando casi por completo la totalidad de RB-296A y RB-1G. Ocasionalmente se presentan granos relictos de espinela-cromo, la magnetita secundaria micropoiquilítica es un mineral accesorio común. Existe talco fino-granular como parches en algunas de las muestras, notablemente en RB-140A donde forma casi el 40%. En RB-144G y RB-1G se encontró magnesita sub-poiquilítica asociada con el desarrollo de zonas de cizalla en estas rocas. RB-136 contiene un cristal euhedral opaco, probablemente es una macla octaédrica interpenetrante de un mineral de identidad incierta.

Estas rocas se han formado por alteración estática de una roca ultramáfica, probablemente peridotita *sensu lato*. La formación de magnesita y en cierto grado de magnetita ocurrió durante el episodio tardío de cizallamiento, manifestado como una fábrica de cizallamiento espaciada vista en sólo dos muestras. En general, las rocas estudiadas entregan evidencia de serpentinización estática y del emplazamiento en su actual ambiente cortical con deformaciones menores.

En principio, las serpentinitas ofiolíticas tienen el potencial de concentraciones de Cr-Ni tipo alpinas, pero mineralógicamente estos especímenes proporcionan pocos indicios adicionales de tal mineralización. La comparación con los resultados analíticos del segundo y tercer Informe del Proyecto confirma la posible presencia de cantidades menores de espinela-cromo, además el alto contenido de Ni (por ejemplo, en RB-136 y RB-G) parece corresponder con los especímenes con un bajo contenido de minerales opacos, esto sugiere que la mayoría de Ni se encuentra dentro de la antigorita.

2.2 Serpentinita Urcucocha
Se examinaron tres secciones delgadas: RB-353, 343H y MP-518A. En las secciones delgadas se observa una serpentinita masiva con alteraciones de talco moteado y tremolita. La alteración de talco es parcialmente controlada por el fracturamiento y cizallamiento que son posteriores a la original serpentinización, además, en la fábrica de cizalla el talco está acompañado por magnetita. En el espécimen de roca tremolítica (RB-343H), no se observó una fábrica de cizalla, éste sería el resultado de la alteración que es anterior al cizallamiento.

Con base en una muestra tan pequeña es difícil comentar acerca del origen de una serpentinita. En el aspecto económico, el importante contenido de opacos de MP-518A se complementa bien con los valores de Cr y Ni (de roca-total), el enriquecimiento de estos elementos en la serpentinita como un todo indicaría por lo menos algún potencial.

2.3 Serpentinita Baeza
Fueron examinadas dos secciones delgadas: R-43C y R43D. Aunque es una muestra diminuta, tiene evidencia de fuerte cizallamiento de una serpentinita cuyas concentraciones de Cr y Ni son similares a los cuerpos de Soledad y Urcucocha. R-43D tiene una textura brechada relicta que sugiere la erosión del “protolito” ultramáfico antes del re-enterramiento y la serpentinización. El cizallamiento tectónico tardío produjo la recristalización local de antigorita masiva junto con la formación de vetillas de magnesita. En ambas secciones son prominentes los parches y diseminaciones de minerales opacos, probablemente magnetita y cromita.

2.4 Complejo Zumba
Se examinaron 9 secciones: FV-469A, FV-469B, FV-470A, FV-470B, FV-470C, FV-470D, FV-669F (dos secciones) y FV-669Q. La interpretación de los resultados será considerablemente mejorada con la referencia de las relaciones de campo desconocidas para el presente autor. Sin embargo, con base en los comentarios de Litherland (1989) en el tercer Informe (p. 18) parece posible que FV-469 y FV-470 representen a una serpentinita y gabro de la parte principal del complejo, mientras que FV-669 es interpretado como un xenolito dentro del batolito Río Mayo.

Las secciones delgadas entregan información de una serpentinita con desarrollo moteado de una fábrica de cizallamiento que está asociada con vetillas de probable crisotilo y brucita. Dos especímenes, FV-470A y FV-470C revelan la presencia de una roca no-cizallada de tremolita o de tremolita-talco. Ésta contiene relictos de olivino y también evidencia de metasomatismo-Ca posterior a la alteración tremolítica. Este metasomatismo sería el resultado de la migración de Ca durante la serpentinización (como una rodingización), en concordancia con la idea de que aquí en la serpentinita Baeza la tremolitización sucedió en una etapa temprana, durante o antes de la serpentinización. Sin embargo, la evidencia no es concluyente.

FV-469A es un gabro-cuarzo que ha experimentado una limitada alteración deutérica o metasomática de alta temperatura. La litología es difícil de relacionar con la serpentinita, y su yuxtaposición sería de carácter tectónico.

FV-669 es una notable norita-corneana rica en ortopiroxeno en la que la presencia de hornblenda y epidota sugiere recristalización a temperaturas moderadas por debajo del solidus. Aunque la roca tiene un carácter ultrabásico, es difícil considerarla como una serpentinita cocida. Por tanto, para que sea vista como parte de la serpentinita Zumba, será necesario postular la incorporación de partes de los ultramáficos Zumba en el batolito Río Mayo como anterior a la serpentinización. Sin embargo, en este momento no podría comentar más acerca de esta cuestión.

No hay evidencia de un buen potencial económico para el complejo Zumba, aunque el alto contenido de Ni de las rocas de tremolita metasomatizadas-Ca FV-470C (1138 ppm, tercer Informe del Proyecto) sería de interés si la ubicación mineralógica de esta cantidad de Ni fuese determinada. Litherland (tercer Informe del Proyecto, 1989) considera que los valores de Cr y Ni de estos conjuntos tienen un pequeño potencial económico, pero más adelante valdría la pena determinar la química de los granos de cromita.

Es notable que estas serpentinitas se encuentran como bandas elongadas asociadas con corrimientos mayores del complejo de napas de la Cordillera Real. Por tanto, el bajo grado de cizallamiento es sorprendente. Se sugieren dos explicaciones. La primera indica que ocurrió un recocido estático de las fábricas de cizallamiento. La segunda, la más plausible, señala que estos especímenes masivos vienen de lentes de una roca relativamente no deformada dentro y entre una serie de zonas de cizalla las mismas que están pesimamente expresadas en la limitada exposición de las serpentinitas.

3. Cinturón ofiolítico Peltetec

Se examinó un conjunto de 26 secciones delgadas que representan rocas de tres áreas:

Peltetec:	(RB)- 57, 53, 59A, 59B, 59C, 59D, 59E, 59F, 59H, 59I, 60A, 60D, 225B, 225C, 225D, 225E, 225I, 225J, 225K.
Penipe:	(RB)-209A, 209B, 209G.
Huarguallá:	(RB)-87D, 87F, 87H, 87J.

Estos subconjuntos serán descritos de forma separada antes de realizar algún comentario general.

3.1 Subconjunto Peltetec

Las 19 secciones delgadas examinadas indican una variedad de tipos de rocas que incluyen a plutónicas e hipabisales, de “alto nivel”. Las litologías de “alto-nivel” abarcan a basaltos alterados (RB-57, RB-58, RB-59F, RB-59I, RB-60A) y sedimentos volcanoclásticos (RB-59E, RB-60D). Las rocas hipabisales están representadas por una muestra (RB-225B). Los tipos plutónicos incluyen a una serpentinita (RB-225E) y gabros variablemente alterados (RB-59B, RB-59C, RB-59D, RB-59H, RB-225C, RB-225D, RB-225I, RB-225J), una posible norita (RB-59A) y peridotita (RB-225K).

El rango de litologías es compatible con un origen ofiolítico, aunque la distribución probablemente representa un patrón de muestreo irregular resultado de la descontinua exposición. La amplia variación en el grado y estilo de alteración indica que estas rocas tienen historias petrogenéticas diferentes, siendo agrupadas en la presente mélange. Sin embargo, es más posible que el vetilleo y brechación hidrotermal en dos muestras sean de origen tardío, post-mélange.

Tres de estos especímenes son inusuales basaltos microporfiríticos dominados por una matriz oscura incipientemente desvitrificada la cual, en una muestra, tiene foliación de flujo. En contraste, un espécimen es una roca vesicular extremadamente porfirítica. En las rocas cuasi-afíricas los fenocristales parecen ser plagioclasa y posible olivino, pero en la roca porfirítica son plagioclasa y augita. La alteración es moderada, en gran parte hacia cuarzo, albita, carbonato, sericita, clorita y epidota; esto es compatible con la reacción de agua marina calentada.

En el basalto brechado hidrotermalmente (RB-60A) el intenso fracturamiento frágil permitió la formación de una red ortogonal de vetas con una considerable dilatación de la roca. Las vetas de cuarzo con textura mortero se intersecan con vetas tipo "*cross-fiber*" de epidota-cuarzo. Las vetillas tardías oblicuamente foliadas de carbonato son acompañadas por la deposición de gránulos de carbonato en los límites de los granos de cuarzo con textura mortero. Las vetillas de carbonato tienen fibras de posible antofilita cortando la anteriormente formada epidota. La cronología de estas vetas es debatible, especialmente cuando se las compara con la roca sedimentaria brechada adyacente (RB-60D).

Un espécimen (RB-59F) difiere radicalmente al ser una roca metabasáltica esquistosa, fuertemente foliada cuya mineralogía y textura primaria han sido destruidas. De hecho, su inclusión como un basalto es cuestionable; diminutos lentes de material silíceo o serpentinítico serían clastos de un basalto alterado o relictos de cristales de piroxeno alterados derivados de un precursor plutónico.

Los dos especímenes de rocas sedimentarias son variedades basálticas, volcanoclásticas. El primero es una microbrecha en donde se observa clastos subangulares de basalto y dolerita en una matriz de material basáltico triturado. El segundo (RB-60D) es una limolita cuarzo-feldespática fracturada e invadida por vetas de albita epidota que tienen parches de cuarzo fino-granular 'milonítico' así como parches de carbonato y un mineral arcilloso color café. En contraste con RB-60A, el material milonítico parece ser anterior a las vetas de epidota.

El único espécimen de dolerita es una roca con textura microgabroica y alteración espilítica.

Las rocas plutónicas pueden ser divididas en aquellas donde (a) la alteración ha destruido a casi todos los constituyentes primarios y, en (b) aquellas donde la augita está considerablemente inalterada.

El primer grupo (a) incluye a rocas en donde los límites de granos primarios están preservados, indicando una alteración estática. Los productos de alteración de piroxeno son carbonato con manchas oscuras, probable brucita, y microintercrecimientos de tremolita-clorita con una distintiva estructura reticulada (*boxwork*). Los productos de alteración de la plagioclasa incluyen pseudomorfos calcedónicos y complejos pseudomorfos de cuarzo-hematita-sericita. Otros productos de alteración son carbonato y albita. La roca con abundante brucita (RB-225I) sería una norita alterada y no un gabro *sensu stricto*. La serpentinita tremolítica foliada y, el gabro cizallado rico en brucita (después de piroxeno) y periclasa (pseudomorfos isotrópicos después del feldespato), son otras rocas plutónicas con fábricas deformadas. El espécimen RB-59F (ver arriba) también pertenecería a este grupo.

El subgrupo de rocas plutónicas menos alteradas (b) incluye a peridotitas y gabros olivínicos melanocráticos. En general, la plagioclasa de estas rocas ha sido remplazada por pseudomorfos, de material color café, subopaco, criptogranular, posiblemente conformado por cuarzo y hematita. El olivino es remplazado por pseudomorfos de serpentina o de clorita-cuarzo. Sin embargo, el piroxeno ha resistido a la alteración y presenta una fuerte birrefringencia y extinción oblicua de augita. El ortopiroxeno no fue determinado con certeza. Existen pocos granos opacos en los márgenes de los pseudomorfos de olivino o dentro de los cristales de augita. La alteración de estas rocas ha sido un proceso estático, aunque se observó que las vetillas de clorita-carbonato-hematita y de albita-sericita son inusuales. Un espécimen presenta zonas de trituración penetrativa probablemente debido a un forzado ingreso de gases y una resultante fluidización, esto sugiere la interacción con actividad eruptiva cercana a la superficie considerablemente más tardía respecto a la formación original de la roca.

3.2 Subconjunto Penipe

Los tres especímenes aquí representados incluyen una lodolita volcanoclástica deformada, una serpentinita y una piroxenita. En la lodolita (RB-209A) existen diminutos lentes que preservan una foliación temprana, estos se encuentran en una matriz fuertemente foliada: la fábrica temprana es perpendicular a la tardía, pero no está claro si la temprana es una fábrica de estratificación o no. Los constituyentes minerales de esta roca son hornblenda, cuarzo y probable feldespato, sugiriendo un metamorfismo a temperatura moderada. La serpentinita tiene una fábrica temprana, reticulada, masiva cortada por vetillas de magnesita que fueron deformadas en una subsecuente deformación por cizalla. La piroxenita es una roca masiva, de grano, grueso, augítica, con cuarzo y epidota en las vetillas y menores remplazamientos de augita.

3.3 Subconjunto Huarguallá

Las cuatro muestras representan distintas litologías. La primera es una roca basáltica intensamente deformada y alterada similar al espécimen RB-59F de Peltetec. Aquí se encuentran cristales frescos de augita color café pleocroica, pero su paragénesis es incierta. La segunda tiene una fábrica esquistosa similar, pero en este caso ha ocurrido silicificación estática después de la deformación por cizalla, resultando en la preservación de la foliación en una litología chertosa jasperoide.

La tercera es una piroxenita olivínica-feldespática con alteración de feldespatos y olivinos, pero preservando la augita, un estilo de alteración muy común visto en otros especímenes melagabroicos y piroxeníticos de este conjunto.

La cuarta es una brecha compuesta. Se indican dos etapas de brechación, la temprana es sedimentaria y la tardía es hidrotermal. En la etapa tardía fragmentos sueltos milimétricos a centimétricos de microbrecha sedimentaria y dolerita están cementados por una matriz de clorita-albita, además, la roca es cortada por vetas más tardías de dilatación tipo "cross-fiber" de albita cristalina de grano grueso. Los fragmentos de microbrecha contienen clastos de lodolita limosa augítica, lodolita chertosa y augítica, en una matriz lodosa de similar composición; esta brechación temprana evidentemente sucedió en un ambiente volcanosedimentario.

3.4 Comentarios generales

Como un todo, el conjunto de especímenes del cinturón Peltetec forman un grupo de litologías de relación ofiolítica. Los basaltos y rocas sedimentarias representarían la parte superior de la corteza oceánica. La dolerita pertenecería a los niveles intermedios en donde son dominantes los diques. Las rocas plutónicas corresponderían a cámaras magmáticas subcorticales. Otras rocas representarían a la alteración y deformación en zonas de cizalla previo a la incorporación a la mélange o durante movimientos tectónicos subsecuentes. No se encontró rocas continentales o derivadas de arcos.

No sería adecuado especular, con base en este análisis petrográfico, acerca del potencial económico del cinturón Peltetec. Noté que Litherland (1988, segundo Informe del Proyecto) registra hasta 1.6 ppm de Au en las rocas de este cinturón, y por tanto considera que merece una prospección para metales preciosos y de la industria del acero. Aunque esto fuese probable, la yuxtaposición de diversas rocas plutónicas y de alto nivel limitaría la posibilidad de encontrar grandes cuerpos coherentes de rocas con un enriquecimiento metálico primario. Será necesario buscar áreas donde ha ocurrido movilización secundaria post-mélange, o considerar a las rocas de Peltetec como una protomena (*protore*) de mineralización tardía-cenozoica.

4. El cinturón del "granito alumínico" de Oyacachi-Papallacta

Fueron examinadas ocho secciones delgadas que representan a granitos y rocas hospedantes. Los especímenes MP-461B, MP-462A y MP-462B son rocas graníticas del área de Oyacachi. Los especímenes SH-01B y MP-625 son rocas graníticas del área de Papallacta. SH-01C1, SH-01C2 y SH-01E son rocas hospedantes del área de Papallacta.

4.1 Área de Oyacachi

Son muestras de granito granatífero deformado y alterado que recuerdan a las descripciones de las rocas del Conjunto Granito Tres Lagunas de J. Dangerfield (tercer Informe Anual-Apéndice 7). Las texturas graníticas originales han sido destruidas a excepción de formas irregulares, reentrantes de cristales de granate rosado. Las rocas han adquirido una fábrica gnéisica expresada en la elongación general de áreas entrelazadas de cuarzo y feldespato alterado. La plagioclasa tiene una fuerte alteración a sericita acompañada por clústers de hojuelas de moscovita bien cristalizadas, y también por clorita menor. Donde la sericitización es avanzada, la deformación ha resultado en pseudomorfos con una textura lepidoblástica, foliada. En MP-462A la plagioclasa también ha sido parcialmente remplazada por cuarzo. La biotita ha sido remplazada por áreas de moscovita de grano grueso, o de clorita-moscovita-cuarzo-opacos. El granate está prácticamente inalterado, pero en MP-461B las áreas de un cercano intercrecimiento de sericita-epidota representarían en parte la alteración de grandes áreas de granate.

Existen pequeñas cantidades de granos opacos primarios, compactos probablemente de magnetita-ilmenita; las diseminaciones de granos opacos laminares, quizás de hematita o ilmenita, son más visibles. El circón y apatito son minerales accesorios.

Un espécimen, MP-462B, tiene un estilo de alteración más avanzado. Prismas pequeños y anchos de turmalina color pálido café-violeta son constituyentes menores. Los abundantes granos opacos laminares están acompañados, en las áreas de alteración de feldespato, por clorita, enjambres de diminutos granos de rutilo, y por áreas de pequeños prismas color verde pálido interpretados como cloritoide.

Evidentemente las rocas son un granito alumínico con características mineralógicas similares al conjunto tipo-S Tres Lagunas, y como tal indicarían una extensión septentrional de aquellas rocas. La alteración ocurrió durante la deformación metamórfica, e involucró la interacción con el fluido metamórfico, lo que resultó en un complejo patrón de alteración con elementos de greisenización y de equilibrio con el metamorfismo regional de esquistos verdes. No se identificó casiterita o minerales de tungsteno.

4.2 Área de Papallacta

Se determinó que un granito granatífero-biotítico de esta área es similar a las rocas de Oyacachi descritas anteriormente, con un semejante patrón de alteración y deformación. Sin embargo, en esta muestra, SH-01B, la deformación y la sutura de los límites de los granos es menos pronunciada que en los anteriores ejemplares, la biotita tiene poca moscovitización, la plagioclasa tiene un parcial remplazamiento por cuarzo y alteración a sericita y (¿clino?) zoisita con la preservación de bordes de albita, además, el feldespato-K está poco alterado, pero exhibe un complejo patrón de maclado fino inducido por la deformación. La alteración tardía está representada por inusuales vetillas filiformes de carbonato acompañadas por turmalina azul-verde; la epidota y el rutilo son minerales accesorios asociados. El segundo espécimen, un ejemplo de granito de "cuarzo azul", es una roca granatífera similar en la que el cuarzo tiene una intensa textura de mortero y deformación interna que probablemente sea la causa de su color azul.

Se debe señalar que, en todos estos granitos, el feldespato potásico parece estar subordinado a la plagioclasa, de modo que las rocas de forma más adecuada deben ser llamadas monzogranitos.

Los otros tres especímenes de rocas hospedantes de Papallacta incluyen a un esquisto micáceo-granatífero de posible origen sedimentario y, a dos esquistos sericíticos bandeados quizá de origen volcánico-tobas intermedias a ácidas. Las bandas de sericita están alternadas con bandas de granate-clorita-cuarzo en escala centimétrica. En un espécimen las bandas granatíferas también están enriquecidas en granos opacos. Este espécimen, SH-01C2, tiene una estructura lenticular debido al *pinching* y desplazamiento menor de las bandas en un clivaje oblicuo y espaciado. En estas rocas la presencia de clorita aparentemente prógrada sugiere que, a pesar de encontrar granate, el grado de metamorfismo regional probablemente es de esquistos verdes intermedios.

5. El complejo máfico/ultramáfico Tampanchi

El Dr. Litherland seleccionó veintiún rocas que representan partes de la litología del complejo:

Rocas ultrabásicas:	(MP)-377, 379.
Piroxenitas:	(RB)-247G, 247H, 247J; (MP)-374A, 374B, 386B.
Anfibolitas/gabros:	(RB)-247B, 247F, 247N, 247M; (MP)-370, 380, 383A, 439.
Rocas ácidas:	375B, TAMP-A, TAMP-B, TAMP-C, TAMP-D

5.1 Rocas ultrabásicas

Dos especímenes corresponden a una serpentinita y a una clinopiroxenita olivínica. La serpentinita tiene una textura bastita en donde la preservación de trazas de clivaje relicto sugeriría el remplazamiento de ortopiroxeno y no de olivino; implicando la alteración de ortopiroxenita a websterita. Sin embargo, las formas de los cristales relictos no son típicamente prismáticas, de modo que es posible que el olivino también haya sido remplazado. Esta roca aloja relictos primarios de granos de óxidos opacos, y, por tanto, podría ser una fuente de Cr y otros metales ultramáficos relacionados. La clinopiroxenita olivínica es más típica del complejo Tampanchi en el sentido de que la augita es el mineral dominante, mientras que el olivino está subordinado y el ortopiroxeno es muy menor o ausente (el ortopiroxeno puede ser reconocido ópticamente por una baja birrefringencia y extinción paralela en secciones prismáticas, además, si es lo suficientemente ferroso es reconocido por su particular pleocroísmo). Esta roca es característica del conjunto debido a que presenta una alteración parcial penetrante de augita hacia anfíbol verde. En este ejemplar el anfíbol es de color pálido, probablemente se trata de actinolita y no de hornblenda. Por todo el conjunto el anfíbol llegó a ser tan importante que generó gabros-basaltos hornbléndicos en los que aparentemente había una fase máfica del liquidus que excluía (posiblemente por resorción total) al piroxeno.

5.2 Piroxenitas

Abarcan a un grupo de augititas hornbléndicas, sólo en pocas rocas existe olivino menor y posiblemente ortopiroxeno menor (no demostrado). En dos de estas rocas, la serpentinita fue identificada como un producto menor de alteración; en una tercera se identificó pseudomorfos goetíticos probablemente después de olivino.

El elemento petrográfico dominante de estas rocas es un agregado cumulático, masivo de cristales prismáticos de 1-3 mm de ancho de augita. Los cristales han experimentado varios grados de remplazamiento por hornblenda, pero en otros casos están considerablemente inalterados. El maclado en (100) es común, pero la exsolución de ortopiroxeno (*diallage*) no fue observada. La hornblenda es ubicua, se presenta como pequeños (0.1-0.5 mm) *pockets* dispersos por todos los cristales de augita; tridimensionalmente se conectarían de una manera vermiforme, como parches producto de la alteración de los márgenes de cristales de augita adyacentes, y como áreas poiquilíticas en donde existen cristales subhedrales de augita.

Aparte de la hornblenda, la alteración es limitada. Los gránulos opacos en los límites de los cristales y dentro de los planos de clivaje de la hornblenda probablemente son hematita u otro mineral de óxido de hierro.

El espécimen MP-374B es excepcional en el sentido de que una *lengua* de cristales de andesina entrelazados corta a través del agregado de augita. Esta forma sugiere el fisuramiento del agregado a temperaturas en o arriba del solidus, resultando en una rápida precipitación del feldespato de un magma supersaturado en aluminio. La lengua de feldespato está penetrada por un crecimiento vetiforme de augita depositado durante el posterior fracturamiento del mismo cuerpo de feldespato. Finalmente, el feldespato ha experimentado una alteración parcial a epidota a una temperatura mucho más baja.

5.3 Anfibolitas/gabros

Estas rocas comprenden una variedad de litologías hornbléndicas. La hornblendita de grano grueso está compuesta por un agregado de prismas cuasi-pegmatoides. En esta litología existe labradorita y, posiblemente, una plagioclasa menos cálcica como cristales equigranulares o intercrecidos con cuarzo en *pockets* intersticiales. La hornblenda presenta una débil cloritización, y el feldespato una alteración parcial-completa a epidota y moscovita. Los minerales opacos están ausentes de esta variedad pegmatoide.

El espécimen RB-247B es una roca tremolítica en la que los prismas de tremolita pegmatoide de grano muy grueso parecen representar un remplazamiento a gran escala del pegmatoide hornbléndico.

El espécimen RB-247N tiene una litología distinta compuesta por un agregado cumulático masivo de cristales de 1 mm de hornblenda. Los granos opacos, probablemente magnetita, son comunes el los límites de la hornblenda. La hornblenda ha experimentado una alteración menor a epidota. Una litología relacionada es la de gabro hornbléndico (MP-380) con una típica textura plutónica gabroica, pero con la hornblenda usualmente tomando el rol del piroxeno. El anfíbol no está alterado, pero la labradorita presenta una alteración parcial a epidota y moscovita. Los granos opacos son inusuales en esta roca.

Las dos rocas restantes, MP-370 y MP-383A, son un inusual basalto hornbléndico, posiblemente un dique o equivalente extrusivo del gabro hornbléndico. En ambos ejemplares la hornblenda alcanza el ca. 50% por volumen. Ambos tienen un carácter algo granoblástico, subidiomórfico-alotriomórfico respecto a la matriz. MP-383A es afírica, y tentativamente vista como una corneana. Sin embargo, MP-370 es porfirítica, con fenocristales subhedrales de hornblenda de 1-2 mm de diámetro. En una roca los gránulos opacos son una parte menor diseminada, pero están ausentes en la otra. MP-370 está prácticamente inalterada, pero en MP-383A existen gránulos de clinozoisita finamente diseminados.

5.4 Rocas ácidas

Estos especímenes representan un cambio mayor en la litología de las anteriores muestras examinadas de Tampanchi. Las cinco rocas presentan diferentes grados de deformación cataclástica y alteración hornfélsica de un conjunto de rocas plutónicas ácidas. Lo que se puede indicar es que las rocas originales variaban entre monzogranito y diorita. Los constituyentes máficos originales han sido destruidos, además, la ausencia de granate es importante debido a que respalda la idea de que estas rocas no están relacionadas con el conjunto de granitoides tipo-S Tres Lagunas – Oyacachi.

Siguiendo la clasificación convencional de rocas trituradas, estos especímenes varían desde protocataclasitas, pasando por cataclasitas, hasta milonitas.

La hornfelsificación es evidente en una muestra (TAMP-C) en la que abunda la biotita fino-granular. En las otras rocas, son comunes los fragmentos de biotita a menudo acompañados por moscovita y epidota. La muestra TAMP-D es distinta debido a que la alteración post-deformación es más intensa, quizás reflejando una litología original más máfica. La plagioclasa tiene alteración parcial a clinozoisita, y es común un anfíbol tremolítico pálido. La posterior alteración en esta roca está expresada por la presencia de biotita, moscovita, clorita, epidota y carbonato, y también por la alteración parcial del anfíbol pálido a un material subopaco con tono marrón.

5.5 Discusión

Se puede argumentar que el conjunto de rocas Tampanchi representa a un complejo plutónico calco-alcalino, hornbléndico, y no tiene el carácter de ofiolítico. Las rocas ultramáficas a gabroicas sugieren una continuidad en donde la augita y hornblenda son dominantes. En un extremo se encuentra la dunita u ortopiroxenita serpentinizada, cuya relación con las otras rocas es incierta. Podría representar el producto final de la diferenciación plutónica, o ser material xenolítico transportado desde niveles más profundos, posiblemente desde el manto superior. En esta roca, la tendencia va desde una clinopiroxenita masiva, cumulática-fresca, hacia un incremento en las proporciones de hornblenda, y, en una etapa más tardía, al aumento de la importancia de la plagioclasa, generando un melagabro hornbléndico libre de augita. Evidentemente la augita era la fase inicial del liquidus, pero fue resorbida y remplazada por hornblenda de modo que en el solidus se formaba la plagioclasa cálcica y la hornblenda. La piroxenitas hornbléndicas sobrevivientes podrían ser un agregado cristalino masivo que resistió al remplazamiento por anfíbol. Las dos rocas fino-granulares incluyen a una corneana (*hornfels*) con hornblenda-labradorita-clinozoisita y a lo que parece ser un basalto hornbléndico fírico en el que es posible que las hornblendas se formaran por alteración a temperaturas alrededor del solidus de los fenocristales iniciales de augita, previo a la erupción.

Estas rocas parecen representar a una diferenciación gravimétrica o de flujo, de fases máficas de un magma basáltico subsaturado en el que la alta presión de vapor de agua (PH_2O) produjo que la hornblenda, y no la augita, sea estable en el solidus. Aunque la augita es acompañada por el olivino, muchas rocas están dominadas por un anfíbol empobrecido en sílice y, el cuarzo fue registrado sólo en la hornblendita pegmatoide.

Estas rocas básicas están poco alteradas y no deformadas. Por tanto, es difícil explicar cómo las rocas ácidas granitoides cataclásticas estarían relacionadas a ellas temporalmente o petrogenéticamente. Más bien, es posible que representen a plutones más antiguos del “basamento” que han experimentado trituración y hornfelsificación local, antes o durante los eventos que condujeron al emplazamiento del complejo máfico Tampanchi.

El Dr. Litherland sugiere la comparación del complejo Tampanchi con los complejos ultramáficos tipo-Alaska. Con certeza, si se demuestra la existencia de litologías con un patrón concéntrico agrupadas alrededor de un núcleo dunítico o peridotítico, entonces esta comparación sería interesante. Sin embargo, al considerar las comparaciones con complejos tipo-Alaska realizadas por Taylor (1967), se notaron algunas inconsistencias. En Tampanchi es posible que exista un núcleo de ortopiroxenita y no de dunita; se requieren estudios de campo adicionales para investigar material no alterado con el fin de resolver esta cuestión. La anortita, característica de los complejos tipo-Alaska, no ha sido registrada en Tampanchi. En este punto, es importante señalar que en la piroxenita con plagioclasa (MP-374B) la alteración de la plagioclasa a clinozoisita modificó la composición original del feldespato y, de forma similar los feldespatos del melagabro (MP-380) también han experimentado cierto nivel de alteración. Las típicas clinopiroxenitas tipo-Alaska contienen ca. 10-20% magnetita; el contenido de opacos de las piroxenitas de Tampanchi es muy bajo, esto resulta misterioso, aunque se sospecha que la meteorización diferencial produjo un sesgo de muestreo hacia las capas de roca masiva, inalterada. Los complejos ultramáficos tipo-Alaska son intruidos en grandes plutones gabroicos, sin embargo, en el presente grupo de láminas no existe algún gabro piroxénico, a menos que el metagabro hornbléndico represente la alteración de aquel componente. Además, el estilo de alteración en el que la augita permanece no afectada, recuerda a aquel observado en la piroxenita de la mélange ofiolítica Peltetec.

De acuerdo con esta evidencia, parece que Tampanchi es muy diferente en ciertos aspectos a los clásicos complejos tipo-Alaska, aunque también existe una amplia similitud. Por otro lado, se debe mencionar que el conjunto de especímenes examinado es una mala base para establecer aquellas conclusiones. La presente evidencia indica un cuerpo ultramáfico de piroxenita no deformado y quizás relativamente joven. La aparente alta proporción de rocas hornbléndicas recuerda más a los cuerpos de Alaska y no a sus contrapartes en las montañas Urales (cf. Taylor, 1967), lo que quizás es desalentador respecto al potencial de concentraciones económicas de elementos del grupo del platino. Sin embargo, tales generalizaciones son de dudosa validez, se requiere estudios adicionales del complejo antes de que el potencial mineral sea correctamente evaluado. Desde el punto de vista petrológico existe una clara necesidad de más trabajo en esta zona, incluyendo un muestreo adicional, mapeo detallado, mineralogía de mena, análisis de microsonda y de roca-total.

5.6 Referencias

TAYLOR H. P. (1967) The zoned ultramafic complexes of southeastern Alaska. In, Wyllie H. P. (ed.). “Ultramafic and related rocks”. Wiley, New York, 97-112.

6. Skarns auríferos de Nambija

Las tres muestras examinadas (JA2, JA7, JA9) representan etapas sucesivas en la alteración retrógrada y mineralización relacionada del skarn. JA2 es un skarn con una leve alteración retrógrada. Los cristales de grandita se encuentran en cuarzos poiquilíticos no deformados acompañados por inusuales *pockets* de carbonato también poiquilíticos.

Los granos de piroxeno (probablemente diópsido-hedenbergita) se encuentran dentro del cuarzo y granate, acompañados, y quizá remplazados, por carbonato (en la última situación explicada). El granate se presenta como parches masivos y como cristales euhedrales individuales formando casi el 70% de la roca.

En detalle, las tres etapas principales del crecimiento del granate son evidentes en JA2. En la sección delgada la etapa intermedia es incolora, con birrefringencia de primer orden, con una fina zonación concéntrica de crecimiento y extinción sectorial. Dentro de los desarrollos euhedrales de esta etapa intermedia existen núcleos de granate temprano, incoloro, birrefringente. Los núcleos son geométricamente complejos, quizás compuestos por clústers de pequeños gránulos, además, están intercrecidos con piroxeno y carbonato. En la sección delgada el granate tardío es incoloro a verde pálido, podría ser más andradítico que sus etapas más tempranas. Forma caparazones subhedrales a cuasi-esféricos alrededor de los cristales euhedrales de la etapa intermedia. Tiene birrefringencia de primer orden y, a veces, una extinción con un patrón radiante. También presenta una fina zonación concéntrica de crecimiento. Las etapas de crecimiento intermedia y tardía están usualmente separadas por un fino caparazón de granate isotrópico, que tiene la forma de septos semilunares donde existen imperfecciones geométricas entre las formas de los crecimientos intermedios y tardíos.

JA7 es similar a JA2, pero en JA7 existe una textura brechada. Los clastos y granos del granate temprano-intermedio se encuentran en, y veteados (*back-veining*) por, cuarzo no deformado, poiquilítico y carbonato adicional. El granate de la etapa tardía forma delgados bordes alrededor de parches del granate temprano; también forma pequeños cristales euhedrales por su cuenta. En los granates de las etapas temprana-intermedia y en el cuarzo existe alteración retrógrada moderada a carbonato, quizás todo esto formado por el remplazamiento del piroxeno; no se registró piroxeno en la sección delgada. Los granos de carbonato en el cuarzo son manchados con hematita, esto genera áreas de un rojo penetrante en la roca.

JA9 tiene una alteración a carbonato avanzada. El skarn con cuarzo en mosaico-grandita permanece como parches relictos en el carbonato fino-granular, semi-masivo, retrógrado. Los granos opacos se encuentran finamente dispersos por toda la alteración a carbonato.

Estas tres muestras tienen características particulares de los skarns auríferos (Meinert, 1988) en el sentido de que la mineralización (granos opacos) sucedió durante la alteración tardía (rica en carbonato) de skarn con abundante grandita. La birrefringencia, la zonación concéntrica y los complejos patrones de crecimiento multi-etapa son comunes en los skarns de grandita (e.g. Meinert, 1982). No se observó rasgo alguno del protolito pre-skarn. Sería útil conocer si el patrón de crecimiento de la grandita de Nambija tenía tendencia hacia un enriquecimiento en hierro, y si un patrón similar está presente en el piroxeno (el piroxeno que se encuentra en el cuarzo-quizás recristalizado tendría mayor abundancia de hierro que aquel encontrado en el granate temprano).

Un estudio superficial del carbonato y cuarzo poiquilítico en JA2 indica que ambos contienen inclusiones fluidas de dos fases (líquido-gas). Las pruebas de homogenización junto con los análisis de granate y piroxeno coexistentes ayudarían a definir las condiciones de temperatura (T) y fugacidad de oxígeno (fO2) de la skarnificación (cf. Meinert, 1982). Los anteriores análisis de inclusiones fluidas de estas tres muestras realizados por el Dr. T. J. Shepherd (Apéndice 7 del segundo Informe del Proyecto, 1988) indican que el cuarzo en JA2 se formó a ca. 200°C. Esto es más bajo que la temperatura a la que se espera que el granate coexistente se forme, indicando que el cuarzo poiquilítico fue completamente recristalizado durante la alteración retrógrada. Los resultados de inclusiones fluidas para las tres muestras indican una evolución hacia temperaturas ligeramente más bajas y una salinidad considerablemente alta con una alteración y mineralización progresiva.

6.1 Referencias

MEINERT L. D. (1982) Skarn, manto and breccia pipe formation in sedimentary rocks of the Cananea mining district, Sonora, Mexico. Econ. Geol. 77, 919-949.

MEINERT L. D. (1982) Gold in skarn deposits a preliminary overview. In, Proceedings of the Seventh Quadrennial IAGOD Symposium, 342-367.

7. Campo de skarn de los Llanganates y relacionados

7.1 Introducción

Los skarns y protoskarns relacionados afloran en la forma de klippes de alto-nivel separados por áreas de topografía más baja, a lo largo de 200 km del flanco oriental de la Cordillera Real. El primero de estos fue descubierto por el Dr. Martin Litherland en el área de los Llanganates (primer Informe Anual, 1987). Bloques del skarn de este campo fueron localizados en el Río Mulatos y descritos petrográficamente por B. P. Minerals International (resultados incorporados al primer informe del Proyecto como el Apéndice 5). Las muestras de afloramiento del skarn de los Llanganates fueron descritas por el Dr. Patrick Williams para B. P. Minerals (resultados incorporados al segundo informe del Proyecto como el Apéndice 5).

El presente informe se ocupa de pequeños conjuntos de secciones delgadas de especímenes de otros campos de skarn en este grupo. Además, se resumen los datos de anteriores reportes. Finalmente, se presenta una visión general en la que se discute las semejanzas entre los conjuntos de rocas.

Es importante considerar que el acceso a los skarns es muy complicado debido a la elevación, aislamiento y ambiente climático adverso de los afloramientos. Muchas muestras son de bloques de los ríos que drenan la cordillera.
Los campos de skarn son los siguientes:

(a) Río Mulatos – área de los Llanganates
(b) Río Verde
(c) Urcucocha
(d) Río Quijos
(e) Oyacachi
(f) Sara Urco

7.2 Río Mulatos
Se examinaron muestras de mano y secciones delgadas de ocho especímenes para B. P. Minerals International Ltd. Las rocas fueron recolectadas del río que erosiona el área de afloramiento del campo de skarn de los Llanganates.

Dos de los especímenes son rocas plutónicas calco-alcalinas con hornblenda y biotita primarias. Ambos presentan una alteración dominante saussurítica (epidota-sericita) de plagioclasa. Uno tiene crecimiento secundario de biotita particularmente evidente como remplazamiento marginal de la hornblenda primaria. En ambos la biotita primaria está muy cloritizada y existe epidota y pirita menores (diseminadas; < 2% vol.). La formación de clorita secundaria estuvo acompañada por una deformación menor que se manifiesta por el *buckling* de biotita alterada y por la concentración de clorita en fracturas de cizalla ampliamente separadas.

Un espécimen es un esquisto rico en biotita-clorita con turmalina azul-verde particularmente desarrollada como rosetas dentro de mosaicos de cuarzo. La calcita está confinada a fracturas menores tardías.

Otro espécimen es una filita con clorita en la que se han desarrollado cristales (4-8 mm) subredondeados de granates por el remplazamiento de la matriz foliada. En detalle, estos granates están parcialmente alterados, con bordes de clorita pálida, bordes internos de clorita con abundante material opaco, y núcleos de granate fuertemente vetados por clorita: la clorita es retrógrada. La naturaleza de la mineralogía primaria, presumiblemente pelítica, es desconocida.

Los especímenes restantes son skarns cálcicos en las que la temprana alteración a skarn ha sido notablemente modificada por dos episodios de alteración retrógrada. La alteración a skarn inicial resultó en la formación de granate rosa pálido (probablemente grandita, aunque no se cuenta con análisis para probar esto) y diópsido-hedenbergita incoloro a verde manzana. La alteración retrógrada temprana produjo epidota, anfíbol y, en un espécimen, humita ortorrómbica. La alteración tardía causó una extensa formación de carbonato por remplazamiento y depositación en fracturas. El anfíbol, ferrohastingsita y hornblenda verde a verde-azul oscuro, probablemente se formó más después de la epidota. El carbonato, calcita y ankerita, está acompañado por clorita, magnetita, pirita y pirrotina. El contenido total de opacos es de 2-6% de modo que difícilmente estas rocas pueden ser descritas como “skarn magnetíticos” como se indica en el informe de B. P.

7.3 Afloramientos del skarn de los Llanganates

El informe de 1987 del Dr. P. J. Williams de la Universidad de Londres (segundo Informe del Proyecto, Apéndice 5) describe 31 especímenes de afloramiento de los skarns Llanganates en el área del Río Mulatos. Además de las descripciones detalladas, el Dr. Williams presenta un resumen, aquí reproducido, conciso de sus hallazgos.

Dos muestras de rocas ígneas, una diorita y una "microdiorita" (dacita) plagiofírica, tienen zonas de epidota que cortan transversalmente y están impuestas sobre una fábrica foliada más temprana de alteración a sericita. Probablemente fueron involucradas en el proceso de alteración a skarn.

Las rocas sedimentarias incluyen a mármoles y esquistos. Los mármoles contienen grosularia, y en un espécimen hay diminutos granos de esfalerita roja y otros sulfuros. En el grupo de esquistos existen verdaderas rocas sedimentarias y probablemente metavolcánicas (tobáceas).

La mayoría de especímenes están parcial o completamente alterados a skarn. La mineralogía del skarn es muy variable, aunque el rango de minerales presentes es muy limitado y por lo general es consistente de espécimen a espécimen. La variación de los protolitos ha ejercido un considerable control, resultando en ciertos casos en rocas monominerálicas de clinozoisita, epidota o tremolita. Sin embargo, en general el ensamble mineral está compuesto por grandita, hedenbergita, epidota, anfíbol hastingsita, cuarzo, carbonato (calcita) y minerales opacos. Los constituyentes menores son biotita, clorita, apatito, adularia y titanita. Las relaciones texturales regularmente permiten distinguir distintivas etapas prógradas y retrógradas. Sin embargo, dentro de estas etapas las indicaciones paragenéticas son inconsistentes y difíciles de interpretar. En el ensamble prógrado la actinolita temprana-"proto-skarn" está sobreimpresa por grandita, hedenbergita, epidota y ferrohastingsita. A veces la epidota y el anfíbol parecen haberse formado después del granate y el piroxeno, los cuales quizás crecieron al mismo tiempo. También parece probable que haya existido un solapamiento en los periodos de crecimiento de estos minerales, lo que condujo a las inconsistencias ya indicadas. La biotita parece representar un componente menor del metasomatismo-K tardío en las alteraciones a skarn, también es vista como porfiroblastos post-cinemáticos desarrollados en rocas de actinolita. La etapa retrógrada es dominada por carbonato y cuarzo depositados como vetillas y remplazamientos. En esta etapa el apatito y la adularia se presentan como constituyentes trazas, la clorita es importante localmente. De acuerdo con el Dr. Williams los minerales opacos como magnetita, pirita, pirrotina y calcopirita están ampliamente distribuidos. La mayoría puede ser relacionado a la etapa de alteración retrógrada, pero algunos probablemente se formaron con los calco-silicatos de la etapa prógrada.

Finalmente, un único espécimen de roca de cuarzo-turmalina fue descrito. El color de la turmalina varía de azul-verde oscuro a café-rosado pálido, lo que sugiere una variedad dravítica.

Los análisis de elementos mayores y traza de este conjunto por el método de ICP-Espectrometría Óptica fueron auspiciados por B. P. Minerals International y son presentados en el segundo informe del Proyecto-Apéndice 1. En general, la variación de los elementos mayores como Ca y Mg concuerda con lo que es espera de este tipo de rocas, pero en muchos casos los resultados son sospechosamente bajos. Por ejemplo, la roca de cuarzo-grosularia (RB-285C) registra valores de 0.47% Al, 2.47% Ca, 0.04% Mg y 0.50% Fe, que son resultados difíciles de aceptar y debe permanecer cierta duda acerca de la calidad de estos datos. Con esto en mente, los análisis indican las siguientes concentraciones máximas:

Fe	16.64	%	–	en esquisto
Mn	32581	ppm	–	en roca de clinozoisita
Co	51	ppm	–	en skarn de diópsido
Ni	483	ppm	–	en serpentinita (814 ppm Cr)
Cu	1347	ppm	–	en turmalinita
Zn	4279	ppm	–	en esquisto rico en epidota
Cd	22	ppm	–	idem
Pb	278	ppm	–	en skarn anfibolítico
Ag	5.8	ppm	–	en skarn de grosularia
As	294	ppm	–	en skarn anfibolítico
Sb	6	ppm	–	en serpentinita y en skarns
Bi	8	ppm	–	en serpentinita
W	23	ppm	–	en mármol
Au	46	ppb	–	en skarn anfibolítico con 294 ppm As

Ninguno de estos valores es particularmente alto, pero existe cierta indicación de enriquecimiento de Zn y Cu relacionado al metasomatismo. Además, el Au más elevado corresponde al As más elevado, lo que sugiere una deposición hidrotermal de estos elementos en el esquisto (RB-286A) de epidota-cuarzo, masivo, fino-granular, con actinolita de metasomatismo temprano y trazas de hematita. Por tanto, existen pistas de enriquecimiento metálico hidrotermal en los skarns de los Llanganates, pero nada de importancia económica.

7.4 Río Verde

Esta zona se encuentra al sur del área principal de los Llanganates. Fueron examinados dos especímenes. Uno es interpretado como una toba metasomatizada que contiene abundantes y diminutos granos de actinolita distribuidos en una roca sericítica masiva, fino-granular, la cual es cortada por una vetilla de epidota, cuarzo y tremolita. El otro es una roca masiva, de epidota, fino-granular, con parches de cuarzo + anfíbol y otras áreas con prismas de anfíbol entrelazados. Aquí el anfíbol es de color verde-azul pálido, posiblemente hornblenda actinolítica. Este último espécimen podría ser descrito como un skarn de epidota.

7.5 Urcucocha

Está área se encuentra al norte de los Llanganates. Fueron examinados siete especímenes. Cinco corresponden a un skarn de epidota, masivo, de grano fino a medio; otro a una roca metavolcánica dacítica; el último a un esquisto cuarzo-moscovítico que sería una toba metamorfizada. Los especímenes de skarn presentan alteración retrógrada a clorita y cuarzo y luego a carbonato. El feldespato-K y la hematita menores están asociados con el carbonato. En un espécimen la hornblenda actinolítica color azul-verde también está espacialmente asociada con el carbonato.

La roca metadacítica contiene *sheds* de moscovita en un mosaico granoblástico de cuarzo y albita subordinada. Los gránulos de epidota son comunes, los clústers aislados de hojuelas de clorita podrían ser pseudomorfos después de anfíbol. En el esquisto metatobáceo cuarzo-moscovítico existen cantidades accesorias de epidota, turmalina café y granos opacos.

La roca metavolcánica sugiere un precursor esquistoso para el skarn de epidota.

Los análisis químicos de rocas de skarn de Urcucocha, Río Quijos y Río Oyacachi fueron realizados por los Laboratorios ACME de Vancouver, auspiciados por B. P. Minerals International. Al igual que los análisis de Río Mulatos-los Llanganates, los valores de elementos mayores son sospechosamente bajos. Por ejemplo, las rocas de epidota de Urcucocha entregan resultados de 0.94-2.49% Al, 1.75-6.32% Ca y 1.36-4.65% Fe. Con esto en mente, los valores máximos de metales son los siguientes:

		Urcucocha	Río Quijos	Río Oyacachi
Fe	%	4.65	9.15	7.88
Mn	ppm	1604	1521	3918
Co	ppm	23	236	14
Ni	ppm	53	46	22
Ca	ppm	49	12	114
Zn	ppm	578	45	297
Cd	ppm	1	2	1
Pb	ppm	20	30	17
Ag	ppm	0.4	0.4	0.4
As	ppm	12	78	18
Sb	ppm	5	6	13
Bi	ppm	3	5	14
W	ppm	3	5	14
Au	ppb	43	24	3

Estos valores son generalmente bajos en comparación con el conjunto de los Llanganates, y son poco alentadores desde el punto de vista económico. Sin embargo, el Mo presenta un importante enriquecimiento, quizás aislado, en dos muestras de Urcucocha: MP514A – 5092 ppm Mo; MP-514B – 3383 ppm Mo. La sección delgada de uno de estos especímenes indica que la roca es un skarn de epidota, fino-granular, masivo, en donde granos opacos laminares están asociados con vetillas filiformes de carbonato. Por tanto, el enriquecimiento de Mo está asociado con la alteración retrógrada del skarn.

7.6 Río Quijos

El Dr. Litherland considera que los bloques de skarn de este río se derivaron de partes del campo de skarn Urcucocha. Fueron examinados seis especímenes. La litología es distinta a la de las muestras de afloramientos, ya descritas, de Urcucocha. Cuatro son skarns de grosularia con cuarzo intersticial. En estos existe un ensamble retrógrado tardío de los siguientes minerales: hornblenda verde manzana, epidota, cuarzo, carbonato y gránulos opacos, se encuentran en los intersticios de los límites de granos de la fábrica del granate, en fracturas filiformes, y localmente como una alteración moteada del granate.

Otro espécimen es una roca bandeada. La sección delgada presenta tres bandas, una rica en porfiroblastos opacos de 2-3 mm de ancho (probablemente pirita) puestos en cuarzo-epidota-anfíbol (hornblenda actinolítica color azul-verde pálido) granoblásticos. La segunda banda es pálida, rica en cuarzo, con epidota, anfíbol y titanita accesoria. La tercera está compuesta por cuarzo y epidota finos, granoblásticos, con anfíbol menor y apatito accesorio.

El último espécimen consiste en un intercrecimiento masivo, de grano grueso, de hornblenda y epidota, junto con un 3-4% de opacos (¿magnetita?) diseminados y cantidades menores de cuarzo y apatito. En una parte de la sección este ensamble está acompañado por parches (2-3 mm de ancho) de remplazamiento de calcita clara.

En conjunto con Urcucocha, las rocas de Río Quijos indican un campo de skarn en donde el skarn de grandita y una roca de epidota-anfíbol son los tipos dominantes, estos se presentan en una secuencia que también incluye a esquistos metavolcánicos ácidos.

Los análisis de este grupo de muestras ya han sido discutidos, y no tienen alguna evidencia relevante de enriquecimiento metálico.

7.7 Oyacachi

Fueron examinadas siete secciones delgadas de bloques derivados de un campo de skarn en el área de Oyacachi. La mayoría son esquistos moderadamente metasomatizados, pero también existe un skarn y una brecha epidotizada.

Los esquistos pueden ser subdivididos en rocas metavolcánicas feldespáticas y, rocas con wollastonita posiblemente derivadas de pelitas calcáreas metamorfizadas. Tres secciones delgadas del esquisto feldespático presentan patrones complejos de alteración metasomática. La roca pre-existente estaba compuesta por pequeños lentes de cuarzo y feldespato probablemente interpuestos con láminas micáceas. El feldespato incluye a ortoclasa y albita. En un espécimen existen diminutos parches aislados de intercrecimiento mirmequítico. Biotita fino-granular color rojo-café ha remplazado gran parte de las láminas micáceas originales, también se presenta como enjambres de hojuelas microscópicas desarrolladas dentro de los cristales de feldespato. La biotita está acompañada por granos opacos, gránulos de rutilo y moscovita verde muy pálida. La alteración biotítica se encuentra entremezclada con bandas y lentes de hedenbergita fino-granular. En una de las secciones la hedenbergita está interpuesta con un área de mosaico de feldespato no-maclado junto con diminutos *pockets* intersticiales que yo interpreto como prehnita. Otra de las secciones contiene remanentes de un esquisto feldespático entre bandas y pequeños lentes de hedenbergita fino-granular y una grandita poco birrefringente.

Los esquistos metasedimentarios están dominados por un mosaico de cuarzo granoblástico en donde la fábrica esquistosa es destacada por láminas de material opaco probablemente hematítico o carbonáceo. Estas rocas contienen abundantes porfiroblastos de wollastonita blocosa acompañada por moscovita menor. Los cristales de wollastonita parecen deformados y ligeramente desmembrados, algunas veces se encuentran en pequeñas áreas ovoides de cuarzo claro. Probablemente su origen es sin-metamórfico/sin-cinemático.

En la brecha, los clastos de roca cuarzo-epidótica, semimasiva, de grano fino a medio, con carbonato menor, se encuentran en una matriz de un mosaico de cuarzo-carbonato granoblástico. No se observó alguna fábrica esquistosa, pero es posible que tanto la brechación como la epidotización sucedieran durante la alteración a skarn y por tanto después del metamorfismo regional.

En el espécimen de skarn, los grandes cristales de granate rosado pálido están entremezclados con áreas de mosaico de cuarzo y áreas en donde coexisten epidota y hedenbergita fino-granulares. Los cristales esponjosos, poiquilíticos, de carbonato se han formado por remplazamiento parcial de estos minerales.

7.8 Sara Urco

Fueron examinadas siete secciones delgadas de especímenes de este campo de skarn ubicado a una considerable distancia al NNE del área de los Llanganates. Sólo existe una roca cuarzo feldespática con alteración moderada a clinozoisita, las demás son skarns. Los especímenes de skarn tienen un carácter masivo, con relictos de granate rosa pálido que permanecieron después de un complejo proceso de alteración. Se considera que los intercrecimientos fino-granulares de hedenbergita y epidota se formaron en cierta medida a partir del granate, al que se observa que parcialmente remplazan. Cantidades menores de biotita o estilpnomelana color café oscuro y ferrohastingsita fino granular se encuentran localmente concentradas en trayectos que indican el crecimiento a lo largo de fracturas en el mosaico de piroxeno. Grandes cristales, esponjosos, de carbonato rodean y parcialmente remplazan a todos los minerales anteriormente formados, y son el componente dominante en uno de los especímenes. La proporción de hedenbergita a epidota varía ampliamente. El piroxeno está ausente en dos especímenes, la epidota no fue encontrada en uno.

En uno de los skarns (MP-615) el patrón de alteración es muy diferente. Un agregado de granate de grano grueso es cortado por vetillas de lo que parecería ser prehnita. La siguiente etapa de alteración es marcada por la deposición de biotita verde, actinolita y clorita en zonas de cizalla que cortan la roca. Más tarde el carbonato fue depositado extensivamente, a lo largo de vetillas preexistentes y ocupando fracturas adicionales en el granate. Los cristales de granate han sido intensamente fracturados. La roca puede ser interpretada en términos de un intenso fracturamiento frágil, quizás un proceso percusivo, antes de ser más perturbada por el cizallamiento. Durante este proceso, la alteración metasomática evolucionó desde prehnita hasta biotita-actinolita. La deposición del carbonato fue posterior, aprovechando la estructura preexistente y acompañado por la cloritización retrógrada del anfíbol.

El espécimen restante (MP-554C) está compuesto por un mosaico de grano medio de cuarzo y granos muy turbios de albita, acompañados por abundantes granos de clinozoisita y opacos diseminados. Algunos de los últimos tienen formas cúbicas que indicarían pirita.

7.9 Discusión

Como anteriormente fue señalado por el Dr. Litherland en los informes del Proyecto, la variación en la mineralogía del skarn refleja diversos tipos de protolitos. Además, como indica el Dr. Williams, el proceso de alteración a skarn destruye las anteriores texturas, pero en rocas parcialmente alteradas parece que los skarns se formaron después del metamorfismo regional. El protolito era una secuencia de rocas metavolcánicas y metasedimentarias de grado metamórfico bajo a medio. Los metavolcánicos ácidos son preservados como esquistos feldespáticos, las variedades básicas estarían representadas por esquistos actinolíticos, descritos por el Dr. Williams, del área de los Llanganates. Las variedades sedimentarias incluyen mármoles impuros en los Llanganates y esquistos de wollastonita en Sara Urco. Dentro de los skarns, la temperatura, el potencial redox así como la composición del protolito, controlan la mineralogía. La variación en la permeabilidad de los esquistos originales regularía la tasa de movimiento del fluido durante el metasomatismo, proporcionando un factor adicional que podría influir en la tasa de reacción, la temperatura, el gradiente químico y otros parámetros. Estas consideraciones enfatizan el grado de complejidad del proceso de skarnificación, es decir, de la reacción entre el protolito y fluidos metasomáticos migrantes.

La skarnificación es dominada por la formación de minerales calco-silicáticos y, de forma inusual, silicatos magnésicos y turmalina. Los fluidos deficientes en CO_2 y SO_2 producen un metasomatismo de Ca, Mg y B. Adicionalmente, la alteración biotítica local indica cierto grado de metasomatismo-K.

El enriquecimiento local, moderado de molibdeno (hasta 5000 ppm Mo en el skarn de epidota en Urcucocha) es la única confirmación real de potencial económico que se puede ver en los presentes datos. Texturalmente, los cristales de granate color rosado pálido, generalmente isotrópicos son distintos de aquellos que se encuentran en la mineralización aurífera de Nambija. La adularia es muy rara. Sin embargo, por lo general está presente cierto grado de alteración retrógrada calcítica por todos estos skarns, y, por tanto, permanece la posibilidad de áreas por ahora no descubiertas con mineralización metalífera.

Quizás la principal pregunta planteada acerca de estos skarns es la razón por su extensión regional. Los skarns están asociados con situaciones en las que el metasomatismo es concentrado por estructuras como contactos de intrusiones en forma de cúspide o zonas de fractura asociadas con intrusiones ácidas-intermedias de alto-nivel. En el presente caso, los posibles controles serían una serie de pequeños plutones, los sitios a lo largo del margen de un cuerpo batolítico, o sitios en los márgenes fracturados de intrusiones desarrollados durante o después del emplazamiento de la(s) intrusión(es).

8. Cinturón de pegmatita Monte Olivo

Cuatro especímenes (MC-643C, MC-644A, MC-644B y MC-646A) fueron examinados usando secciones delgadas. Aunque de forma colectiva presentan rasgos pegmatíticos y notables gavillas centimétricas de moscovita, en realidad son granitos gnéisicos deformados en los que los silicatos máficos originales han sido destruidos, mientras que la sericita y moscovita son ahora los constituyentes mayores. MC-643C es particular por la presencia de cristales finamente dispersos, pseudohexagonales (1-2 mm), de un mineral color azul oscuro, provisionalmente identificado como dumortierita, un mineral característico de pegmatitas-granitos y de granitoides hidrotermalmente alterados (Heinrich, 1965). Sin embargo, se recomienda la confirmación de esta identificación en una etapa posterior.

El espécimen MC-646A es distinto debido a su enriquecimiento en albita, y empobrecimiento de cuarzo y feldespato-K. Además, ha experimentado alteración hidrotermal a moscovita, clorita y grandes (hasta 3 mm de largo) cristales euhedrales prismáticos de epidota. Esta alteración se vuelve exclusivamente clorítica alrededor de un parche esquelético, masivo, en apariencia poiquilítico probablemente de titanita, dentro del cual existe un núcleo irregular, en parte digerido de posible rutilo color rojo dorado. La "titanita" quizás es una identificación errónea de la casiterita, se recomienda un trabajo adicional para descartar esta posibilidad y confirmar la identidad del "rutilo".

Dos especímenes adicionales, MC-642A y MC-645A, son esquistos feldespáticos. En el primero, fragmentos tipo-schlieren del esquisto feldespático fino-granular contienen grandes porfiroblastos de ortoclasa, y preservan una fábrica esquistosa isoclinalmente contorsionada. Sin embargo, gran parte de esta roca se compone de una matriz de cuarzo granoblástico con feldespato intersticial menor. La roca puede ser interpretada como un esquisto semipelítico que ha sido fuertemente crenulado y feldespatizado. MC-645A es similar, pero aquí los fragmentos de esquisto feldespático tienen una mayor separación entre ellos, y se encuentran en una matriz de mosaico de albita. Por tanto, es un esquisto de albita. Un material ferroso color anaranjado, posiblemente jarosita, forma manchas locales, vetillas transversales, y parches locales de pseudomorfos después de pirita. Estos parches piríticos están acompañados por márgenes de cuarzo tipo "cross-fiber". Considerando el fuerte carácter feldespático, estas rocas estarían relacionadas petrogenéticamente con el granitoide albítico MC-646A en el sentido de que las tres han experimentado metasomatismo-soda y feldespatización

8.1 Referencias

HEINRICH E. W. (1965) Microscopic identification of minerals. McGraw-Hill, New York, 414 pp.

APÉNDICE 5

Informes paleontológicos (5a-5c)

Traducción al español por Stalyn Paucar (2021)

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/89/361R

Análisis palinológico de nueve muestras de rocas del Ecuador

por

J. B. Riding

Biostratigraphy Research Group Report PD 89/333

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Palinomorfos
Bioestratigrafía

APÉNDICE 5a

Keyworth, Nottinghamshire   British Geological Survey

PD/89/333
WH/89/361R

Copias a: 1. Dr. J. Aspden.
2. Dr. J. D. Bennett
3. Dr. B. Owens
4. Biostratigraphy Research Group Files

Análisis palinológico de nueve muestras de rocas del Ecuador

Muestras enviadas por : J. A. Aspden/J. D. Bennett
Muestras preparadas por : K. L. Kirby
Muestras examinadas por : J. B. Riding

1. Introducción

Nueve muestras de rocas del Ecuador fueron enviadas para su análisis palinológico con el fin de determinar edades detalladas. Las coordenadas geográficas de las muestras no fueron entregadas; las rocas corresponden en gran parte a una litología de filitas negras/grises.

2. Detalles de las muestras

No.	No. de registro BGS	Colección No.	Resultado +/-
1	MPA-30725	A-P-01	+
2	MPA-30726	A-P-02	+
3	MPA-30727	A-P-03	-
4	MPA-30728	A-P-04	-
5	MPA-30729	A-P-05	+
6	MPA-30730	A-P-06	-
7	MPA-30731	A-P-07	+
8	MPA-30732	A-P-08	-
9	MPA-30733	TAMPANCHI-01	-

3. Palinoestratigrafía

La Tabla 1 enlista a todos los palinomorfos identificados en el transcurso de esta investigación.

Las muestras contenían muy pocas asociaciones de palinomorfos, las muestras 3, 4, 6, 8 y 9 no contenían palinomorfos. La naturaleza indeterminada y sin edad diagnóstica de los palinomorfos de las muestras 5 y 7 respectivamente indica que en estos horizontes las determinaciones no son posibles.

La pequeña flora de polen en las muestras 1 y 2 indica una amplia edad del Jurásico/Cretácico. *Perinopollenites elatoides* está confinada al Cretácico y *Classopollis classoides* es típicamente del Mesozoico. En la muestra 1 la presencia de quistes de dinoflagelado Sirmiodinium grossii indica una edad del Jurásico Medio (Bathoniense más Superior) a Cretácico Temprano (Barremiense tardío), siempre y cuando el espécimen sea recuperado in situ. Dos palinomorfos tentativamente asignados como "acritarcos indeterminados" también fueron recuperados de la muestra 1. La preservación y el nivel de madurez orgánica son considerablemente diferentes respecto a los remanentes de la pequeña flora. Estas formas representarían el retrabajamiento de material del Paleozoico Inferior?, similar a la situación encontrada en una muestra de la división Maguazo, Río Jadán, Ecuador (ver WH/88/347R).

El aspecto oscuro de los macerales de querógeno sugiere un índice de alteración hidrotermal relativamente alto.

Tabla 1. Lista de palinomorfos recuperados

1. A-P-01
Esporas de pteridofitas – indeterminadas polen – indeterminado *Perinopollenites elatoides* (polen) *Sirmiodinium grossii* (quiste de dinoflagelado) ¿acritarcos? – indeterminados
2. A-P-02
Classopollis classoides (polen) ¿*Perinopollenites elatoides*?
5. AP-05
polen – indeterminado
7. A-P-07
polen bisacado

J. B. Riding
6 de octubre de 1989

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY
Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT
Stratigraphy Series

Reporte WH/89/354R

Análisis palinológico de seis muestras de rocas del Ecuador

por

J. B. Riding

Biostratigraphy Research Group Report PD 88/326

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Palinomorfos
Bioestratigrafía
Mesozoico

APÉNDICE 5b

Keyworth, Nottinghamshire   British Geological Survey

PD/89/326
WH/89/354R

Copias a:
1. Dr. J. Aspden.
2. Dr. J. D. Bennett
3. Dr. B. Owens
4. Biostratigraphy Research Group Files

Análisis palinológico de seis muestras de rocas del Ecuador

Muestras enviadas por : J. A. Aspden
Muestras preparadas por : K. L. Kirby
Muestras examinadas por : J. B. Riding

1. Introducción

Seis muestras de rocas del Ecuador fueron enviadas para su análisis palinológico con el fin de determinar edades detalladas. Las coordenadas geográficas de las muestras no fueron entregadas; las rocas corresponden en gran parte a una litología de filitas negras/grises.

2. Detalles de las muestras

No.	No. de registro BGS	Colección No.	Resultado +/-
1	MPA-311171	CR-FV-733	-
2	MPA-311172	CR-FV-739	+
3	MPA-311173	CR-FV-746	-
4	MPA-311174	CR-FV-863A	+
5	MPA-311175	CR-FV-863B	+
6	MPA-311176	L.D1	+

3. Palinoestratigrafía

Todas las muestras contienen pocos remanentes resistentes al ácido que son relativamente ricos en granos de un mineral residual con menores proporciones de un tejido oscuro leñoso. Los palinomorfos son en gran medida inusuales, las muestras 1 y 3 no contienen microfósiles de esporopolenina. La Tabla 1 enlista a la palinoflora recuperada de las muestras 2, 4, 5 y 6.

Debido a la naturaleza indeterminada de la palinoflora en las muestras 2 y 5, no se puede comentar acerca de la edad de estos horizontes. La ocurrencia de *Perinopollenites elatoides* en la muestra 4 sugiere un intervalo de Jurásico/Cretácico. Es un taxón de un rango relativamente amplio que va desde el Jurásico Temprano al Cretácico; no se conoce con precisión la parte superior de su rango.

La única espora en la muestra 6 fue tentativamente identificada como *Uvaesporites sp.* Este género está bien representado desde el Jurásico Medio al Cretácico Temprano de Europa, por tanto, esta espora sugiere una edad del Mesozoico para L.D1.

En conclusión, la muy limitada evidencia de las muestras 4 y 6 indica una amplia edad del Jurásico/Cretácico, siempre que los especímenes recuperados sean autóctonos.

No se encontró microplancton marino y la naturaleza de los ensambles del querógeno señalan un nivel de maduración termal relativamente alto.

Tabla 1. Lista de palinomorfos recuperados

2. CR-FV739
Esporas de pteridofitas– indeterminadas
4. CR-FV863A
?Cyathidites sp. (espora)
Perinopollenites elatoides (polen)
5. CR-FV863B
grano de polen – indeterminado
6. L.D1
granos de polen – indeterminados
?Uvaesporites sp. (espora)

J. B. Riding
3 de octubre de 1989

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY

Natural Environment Research Council

TECHNICAL REPORT

Stratigraphy Series

Reporte WH/90/54R

Informe de peces fósiles de la Laguna de Atillo, Ecuador

por

Dr. C. Patterson

Museo de Historia Natural, Londres

Stratigraphy & Tectonics Group Report PD 90/50

Índice Geográfico
Ecuador

Índice temático
Peces
Terciario
Bioestratigrafía

APÉNDICE 5c

Keyworth, Nottinghamshire British Geological Survey

REPORTE DE PECES DE LA LAGUNA DE ATILLO, ECUADOR

El único espécimen (CR-FV-855) es la mitad frontal de un pez teleósteo preservado en una capa carbonosa o bituminosa, presumiblemente debido a una 'cocción' post-deposicional. La cabeza y los dientes están bastante bien conservados y son adecuados para identificar al pez como miembro de la subfamilia Characinae de la familia Characidae (orden Characiformes). Los Characiformes son exclusivos de agua dulce y Characidae (characins) es endémica de Sudamérica. La subfamilia Characinae es un gran grupo que incluye al menos 150 géneros vivos y casi 700 especies vivas. Debido a que el fósil está incompleto y, también parece carecer de escamas y de la mayoría de sus aletas (consecuencia del daño *post-mortem*), no es posible que con seguridad sea asignado a un género. "Brycon cf." es lo que mi colega Gordon Howes (quien ha revisado el género, Howes, 1982) ha sugerido.

Aunque los characins dominan los ríos y lagos de Sudamérica, sorprendentemente son fósiles inusuales. El registro fósil de los Characiformes es revisado por Weitzman (1960a, b) y Gayet (1982). El rango estratigráfico actualmente aceptado de los characins en Sudamérica va del Maestrichtiense (Gayet, 1982; Marshall et al., 1985) hasta el Pleistoceno. Sin embargo, la edad de los presuntos depósitos maestrichtianos (que contienen a los mamíferos más antiguos conocidos de Sudamérica) ha sido cuestionada por Van Valen (1988), quien deduce que son del Paleoceno Temprano; yo estaría de acuerdo. En Ecuador, se han descrito seis taxones de Characiformes en las Formaciones miocénicas Loyola y Mangán de la cuenca de Cuenca, al sur de la presente localidad (Bristow, 1973; Roberts, 1975). Aparte de un pez "casi completo" registrado por Bristow (1973: p. 27) como "Moenkhausia cf." (un pequeño characin, identificado por P. H. Greenwood, BM (NH)), toda la identificación está basada en dientes aislados. Los dientes del presente espécimen son similares a aquellos ilustrados por Roberts (1975: Fig. 2) como "Tetragonopterinae cf.", pero estos dientes multicúspide probablemente son primitivos para los Characiformes en general (Fink y Fink, 1981: p. 306), y Tetragonopterinae es sólo un nombre para characins primitivos.

En resumen, lo máximo que se puede decir de este espécimen es que indica un depósito de agua dulce, y que la edad es del Terciario.

REFERENCIAS

BRISTOW C. R. (1973) Guide to the geology of the Cuenca Basin, southern Ecuador. Quito: Ecuadorian Geological and Geophysical Society.

FINK S. V. and FINK W. L. (1981) Interrelationships of the ostariophysan fishes (Teleostei). Zool. J. Linn. Soc. London. 72: 297-353.

GAYET M. (1982) Découverte dans le Crétacé de Bolivie des plus anciens Characiformes connus. C. r. Acad. Sci. Paris (11). 294: 1037-1040.

HOWES G. J. (1982) Review of the genus Brycon. Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.). 43: 1-47.

MARSHALL L. G., DE MUIZON C., GAYET M., LAVENU A. and SIGÉ B. (1985) The "Rosetta Stone" for mammalian evolution in South America. Nat. Geogr. Res. 1: 274-288.

ROBERTS T. R. (1975) Characoid fish teeth from Miocene deposits in the Cuenca Basin, Ecuador. J. Zool., Lond. 175: 259-271.

VAN VALEN L. M. (1988) Paleocene dinosaurs or Cretaceous ungulates in South America? Evolut. Monogr. 10:1-79.

WEITZMAN S. H. (1960a) The systematic position of Piton's presumed characid fishes from the Eocene of central France. Stanf. Ichthyol. Bull. 7: 114-123.

WEITZMAN S. H. (1960b) Further notes on characid fossils. Stanf. Ichthyol. Bull. 7: 215-216.

Colin Patterson
Museo Británico (Historia Natural), Londres SW7 5BD.
19 de enero de 1990

APÉNDICE 6

Estudios geoquímicos – análisis de rocas y sedimentos fluviales (6a-6b)

(INEMIN, ACME y Caleb-Brett)

Apéndice 6a

Ubicación y breves descripciones de muestras de rocas mineralizadas

553-K: Bloque de ?metalava mineralizado, Sara Urco (1717-99888).

553-L.1: Bloque mineralizado con pirita, Sara Urco (1717-99888).

607-B: Fm. Napo pirítica, Río Cascabel, banco occidental tributario del Río Salado (Mapa 7, en Litherland, 1989).

609-B: Afloramiento de pórfido mineralizado (pirita), Río Salado (Mapa 7, en Litherland, 1989).

A-169: Granito ?Tres Lagunas caolinizado con galena menor (Mapa 3, travesía de Oñacapa-Yacuambí)

MC-630: Afloramiento de ?metabasalto, Río Blanco de Patate.

MC-635: Rodado de calc-arenita, Río Blanco de Patate.

MC-637: Rodado de skarn magnetítico, Río Verde (7990-98467)

MC-638: Afloramiento de skarn epidótico-magnetítico, campo de skarn Río Verde (7990-98467).

MC-639: Afloramiento de skarn epidótico-magnetítico, campo de skarn Río Verde (7990-98467).

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 4004
N° de MUESTRAS: 4 (cuatro) (rocas)
PROCEDENCIA: Napo-Sara Urco
SOLICITADO POR: Ing. Miguel Pozo
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara, Jefe de Laboratorios — FECHA: 89-05-05

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín, Director de investigación geológica — FECHA: 89-05-08

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Au (ppm)	Mo (ppm)	As (ppm)
553-K	452	238	97	18	10	66	Nd	Nd	100
553-L.1	1183	176	78	773	13	1736	0.2	Nd	105
607-B	119	101	55	13	6	104	Nd	25	165
609-B	236	121	31	80	8	610	Nd	20	160

Nd = No detectable, menor que 0.1 ppm de Au y 16 ppm de Mo

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 4030 N° de MUESTRAS: 5 (cinco) PROCEDENCIA: Las Juntas-Loja	ENTREGA:	Ing. Iván Endara Jefe de Laboratorios	FECHA: 89-06-29
SOLICITADO POR: Ing. Francisco Viteri PROYECTO: Cordillera Real	RECEPCIÓN:	Ing. Marco Marín Director de investigación geológica	FECHA: 89-06-30

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	W (ppm)	Sn (ppm)	As (ppm)	Mo (ppm)
A-254-F	56	64	15	7	Nd	9	Nd		30	Nd
A-256-F	49	85	18	1	Nd	12	Nd		30	Nd
A-257-F	45	101	20	3	Nd	34	Nd		48	Nd
A-262-F	60	107	28	1	Nd	8	Nd		22	Nd
A-169-R*	68	134	6	1	Nd	Nd	Nd	Nd	46	Nd

Nd = No detectable, menor que 6 ppm de Ni y Cr, 16 ppm de Sn, W y Mo

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: 254-262 son fluviales; 169 es roca

Ver Mapa 3 para la ubicación de las muestras

* Granito caolinizado – subdivisión Tres Lagunas

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 4066
N° de MUESTRAS: 17 (fluviales)
PROCEDENCIA: Varios
SOLICITADO POR: Ing. Francisco Viteri
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 89-08-17

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica
FECHA: 89-08-28

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	MnO (%)	TiO_2 (%)	F_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	V (ppm)	Cu (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
A-263-F	0.08	0.87	8.88	13.59	76	157	44	189	90	4	49	24
A-268-F	0.03	0.44	1.57	4.48	27	17	5	17	7	Nd	27	Nd
A-271-F	0.06	0.79	6.25	11.77	145	107	27	131	39	Nd	42	28
A-272-F	0.05	0.81	5.55	12.18	147	107	29	110	43	5	71	51
A-275-F	0.05	1.43	3.83	6.96	65	70	23	21	28	6	81	41
A-277-F	0.06	0.69	5.93	14.34	136	132	26	108	63	5	48	25
A-279-A	0.10	1.08	16.37	12.53	78	143	42	301	50	9	61	50
A-279-B	0.10	1.10	18.03	12.43	98	153	46	351	42	12	68	62
A-279-C	0.10	1.07	16.10	12.49	75	150	46	368	49	7	65	43
A-279-D	0.09	0.99	15.02	12.24	85	166	50	328	50	10	72	54
A-279-E	0.10	0.87	9.53	14.64	88	144	32	207	55	1	62	Nd
A-279-F	0.09	0.85	9.67	14.41	86	132	36	232	56	Nd	36	Nd
A-279-G	0.09	0.87	10.21	13.58	100	136	38	221	69	1	67	Nd
A-279-H	0.09	0.80	9.17	12.72	87	132	37	215	57	1	47	4
A-279-I	0.10	1.08	14.51	14.37	80	137	37	277	45	1	44	10
A-279-J	0.10	1.02	14.44	13.39	79	138	40	307	49	2	56	15
A-279-K	0.10	1.06	15.15	13.41	74	144	40	320	52	2	47	12

Nd = no detectable, menor que 1 ppm de Ag y Cr

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

MARIANA LÓPEZ
Jefe de Determinaciones Analíticas

Nota: Resultados de As, serán reportados posteriormente

Ver Mapa 4 para la ubicación de las muestras

A279A-K Muestras duplicadas del Río Chicaña

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 4066 N° de MUESTRAS: 17 (fluviales) PROCEDENCIA: Varios	ENTREGA:	Ing. Iván Endara Jefe de Laboratorios	FECHA: 89-08-31
SOLICITADO POR: Ing. Francisco Viteri PROYECTO: Cordillera Real	RECEPCIÓN:	Ing. Marco Marín Director de investigación geológica	FECHA: 89-09-04

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	As (ppm)
A-263-F	170
A-268-F	145
A-271-F	180
A-272-F	145
A-275-F	145
A-277-F	150
A-279-A	120
A-279-B	105
A-279-C	120
A-279-D	100
A-279-E	100
A-279-F	160
A-279-G	120
A-279-H	125
A-279-I	100
A-279-J	95
A-279-K	120

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA R.
Jefe de Determinaciones Analíticas

Ver Mapa 4 para la ubicación de las muestras

A279A-K Muestras duplicadas del Río Chicaña

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 4097 N° de MUESTRAS: 5 (cinco) (rocas) PROCEDENCIA: Varios	ENTREGA:	Ing. Iván Endara Jefe de Laboratorios	FECHA: 89-11-01
SOLICITADO POR: Dr. Martin Litherland PROYECTO: Cordillera Real	RECEPCIÓN:	Ing. Marco Marín Director de investigación geológica	FECHA: 89-11-06

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Au (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Pb (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Fe (%)
MC-630	Nd	100	Nd	58	56	176	150	4.66
MC-635	Nd	56	Nd	76	40	300	20	2.10
MC-637	Nd	154	Nd	82	112	334	26	19.95
MC-638	Nd	116	Nd	98	48	362	24	7.46
MC-639	Nd	114	Nd	76	42	280	16	3.04

Nd = No detectable, menor que 1 ppm de Ag, 0.1 ppm de Au

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

NOTA: Resultados de Mo y Cr, solicitados con este LAB, serán reportados posteriormente.

INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

LAB N°: 4177
N° de MUESTRAS: 20 (fluviales)
PROCEDENCIA: Varios
SOLICITADO POR: Ing. Ramiro Bermúdez
PROYECTO: Cordillera Real

ENTREGA: Ing. Iván Endara
Jefe de Laboratorios
FECHA: 90-03-01

RECEPCIÓN: Ing. Marco Marín
Director de investigación geológica
FECHA: 90-03-02

DETERMINACIONES

CÓDIGO MUESTRA	Ag (ppm)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)
CR-RB-191-F	Nd	66	74	44	80
CR-RB-192-F	Nd	60	84	52	98
CR-RB-193-F	Nd	78	106	50	78
CR-RB-194-F	Nd	58	54	42	64
CR-RB-195-F	Nd	52	70	48	80
CR-ML-136-F	Nd	52	32	46	76
CR-ML-137-F	Nd	66	40	40	66
CR-ML-138-F	Nd	44	44	40	52
CR-ML-139-F	Nd	46	36	38	60
CR-ML-140-F	Nd	50	30	48	94
CR-ML-141-F	Nd	96	40	46	96
CR-ML-142-F	Nd	50	36	42	70
CR-ML-143-F	Nd	52	68	50	80
CR-ML-144-F	Nd	42	42	44	68
CR-ML-145-F	Nd	58	44	44	78
CR-ML-146-F	Nd	60	68	48	78
CR-ML-147-F	Nd	76	76	44	60
CR-ML-148-F	Nd	54	68	46	52
CR-ML-149-F	Nd	48	38	34	60
CR-ML-150-F	Nd	56	48	38	60

Nd = No detectable, menor que 2 ppm de Ag

REALIZADO POR: Determinaciones Analíticas

SUSANA SALVADOR A.
Jefe de Determinaciones Analíticas

CR-RB-191F-195F (Río Tutanangoza-Río Ojal, Ver Mapa 7)

CR-ML-136F-150F (Zona del Río Cofanes y Río Chingual, Ver Mapa 2)

NOTA: Por causas de fuerza mayor no se pueden reportar por el momento los resultados de As-Zn-V-Mo-Cr-W.

Apéndice 6b

Ubicación y breves descripciones de muestras de rocas mineralizadas

CR-FV-908: Afloramiento con veta de cuarzo con sulfuros en la subdivisión Tres Lagunas, en el camino de Alao a El Placer (7859-98036).

CR-RB-180-A: Bloque rodado de pegmatita del Río Blanco cerca de Pimampiro (1739-00367).

CR-MP-462-B/C: Rodado de granito con granate cerca de Oyacachi (8280-99762).

CR-MP-462-D: Rodado de granito con granate cerca de Oyacachi (8280-99762).

CR-MC-640-B: Banda de serpentinita (10 cm) cizallada, con vetas de magnesita y presencia de fuchsita. 100 m al oeste del puente del Río El Carmen cerca de Monte Olivo (1814-00435).

CR-MC-642-B: Bloque rodado de gneis con magnetita, Río Minas cerca de San Gabriel.

CR-MC-643-B: Rodado de pegmatita con turmalina, Quebrada Juan Ibarra, Río Minas.

CR-MC-644-G: Rodado de pegmatita, Quebrada Juan Ibarra, Río Minas.

CR-MC-644-C: Rodado de pegmatita/greisen, Quebrada Juan Ibarra, Río Minas.

CR-MC-645-B: Bloque mineralizado en afloramiento de cuarcita, cerca de Ambuquí (1663-00492).

CR-MC-652-B: Pegmatita con magnetita del granito Condué, bloque del Río San Jorge (1958-00415).

CR-MC-653-A: Gneis moscovítico con mineralización de Cu diseminada, rodado del Río Condué (1960-00415).

CR-FV-757-A: Rodado de ?pórfido silicificado con sulfuros diseminados, del Río Cambana (7350-95983).

CR-FV-770: Rodado de volcánico ?silicificado y epidotizado con sulfuros, Río Cantzama (7305-95739).

M-659-A: Rodado de serpentinita, Río Cofanes (2064-00425).

M-659-B: Rodado de serpentinita, Río Cofanes (2064-00425).

M-659-E: Rodado de roca silícea bandeada hornfelizada con granate, Río Cofanes (2064-00425).

M-659-F: ?Granodiorita milonítica con pirita/calcopirita, rodado del Río Cofanes (2064-00425).

M-660-B: Rodado de roca verde cizallada, Quebrada Pilares (2037-00362).

M-662: Rodado de granodiorita milonita mineralizada, Quebrada La Dantina cerca de La Bonita (2169-00505).

M-666-A: Rodado de roca verde epidotizada mineralizada, Río Palmar cerca de Rosa Florida (2182-00460).

M-666-B: ?Toba (?hornfels) de grano fino, mineralizada, con granate. Rodado del Río Palmar cerca de Rosa Florida (2182-00460).

M-667-B: Rodado de volcánico de grano fino mineralizado, Quebrada La Industria cerca de Rosa Florida (2181-00454).

M-667-C: Hornfels silíceo, de grano fino, bandeado, con una capa de 2 cm de mineralización (Zn-Cu), Quebrada La Industria cerca de Rosa Florida (2181-00454).

M-667-D: Rodado rico en epidota (?skarn), Quebrada La Industria cerca de Rosa Florida (2181-00454).

M-668: Veta (10 cm) de pirita/calcopirita/epidota en plutón cuarzomonzonítico, Quebrada La Industria cerca de Rosa Florida (2181-00446).

M-677: Rodado de serpentinita, Río Huagrayacu cerca de Baeza (8425-99477).

RB-159-A: Afloramiento de caliza oolítica de la Fm. Napo, Río Mulatos.

MP-462-B: Rodado de granito con granate, Río Oyacachi (8280-99762).

CR-MP-553-B: Bloque de skarn cálcico, Sara Urco (1717-99888).

MP-553-D.1 Bloque de skarn pirítico, Sara Urco (1717-99888).

CR-MP-553-D.2: Bloque rico en magnetita, Sara Urco (1717-99888).

MP-554-C: Bloque calcosilicático con granate, mineralizado, Sara Urco (1725-99888).

MP-554-F: Bloque de skarn cálcico, Sara Urco (1725-99888).

MP-609: Afloramiento de pórfido mineralizado (pirita) relacionado a la fase intrusiva Azafrán, Río Salado, (Mapa 7, en Litherland, 1989).

MP-617: Bloque de skarn, Río Diviso, tributario del Río Salado (Mapa 7, en Litherland, 1989).

CR-HL-677: Rodado mineralizado con pirita, calcopirita y esfalerita, del Río Quijos, camino Papallacta-Baeza.

ANÁLISIS DE CALEB – BRETT ST. HELENS, U.K. (GREENWICH RESOURCES)

MUESTRA	Ag (ppm)	As (ppm)	Bi (ppm)	Cd (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Fe (%)	Mo (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Sb (ppm)	Sn (ppm)	Th (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	W (ppm)	Zn (ppm)
CR-FV-908	5	<20	<1	<2	12	123	51	4.11	<5	15	3170	<20	<1	38	2	47	<1	42
CR-RB-180-A	<1	<20	<1	<2	<5	189	7	0.48	<5	<5	62	<20	<1	<1	7	7	<1	8
CR-MP-462-B/C	<1	<20	<1	<2	24	313	41	7.66	7	41	19	<20	2	27	4	244	2	100
CR-MP-462-D	<1	<20	<1	<2	10	278	10	2.06	<5	14	31	<20	1	11	3	47	3	48
CR-MC-640-B	<1	167	<1	<2	44	1410	10	3.04	<5	665	15	<20	3	2	<1	29	<1	173
CR-MC-642-B	<1	<20	<1	<2	15	244	13	4.48	<5	37	35	<20	17	<1	4	103	<1	248
CR-MC-643-B	<1	<20	<1	<2	<5	239	2	0.53	<5	7	15	<20	33	<1	13	3	<1	81
CR-MC-644-G	<1	<20	<1	<2	<5	363	7	1.14	<5	9	25	<20	11	<1	8	4	3	288
CR-MC-644-C	<1	<20	<1	<2	<5	254	3	0.38	<5	6	9	<20	3	13	4	3	<1	80
CR-MC-645-B	<1	<20	<1	<2	<5	469	10	1.71	<5	9	30	<20	<1	4	2	22	1	236
CR-MC-652-B	<1	<20	<1	<2	<5	347	32	1.85	<5	6	29	<20	<1	2	3	33	2	478
CR-MC-653-A	1	<20	<1	<2	<5	286	1510	1.66	<5	5	18	<20	<1	3	19	28	3	332
CR-FV-757-A	<1	<20	<1	<2	24	148	10	5.78	7	5	8	<20	2	5	3	242	5	47
CR-FV-770	<1	<20	<1	6	24	74	55	8.56	<5	7	38	32	4	1	<1	300	<1	633

ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD. 852 E. HASTINGS ST. VANCOUVER B. C. V6A 186 PHONE (604)253-3158 FAX (604)253-1716

GEOCHEMICAL ANALYSIS CERTIFICATE

DATE RECEIVED: FEB 20 1990 DATE REPORT MAILED: MARCH 01 1990 SIGNED BY:……………………DEAN TOYE, C. LEONG, J. WANG CERTIFIED B.C. ASSAYERS

Río Tinto España – Ecuador File # 90-0453

Box 21-128 Calle Hugo Moncayo 527 y Sarmiento, Quito-Ecuador-South America Submitted by: EDGAR SALAZAR

MUESTRA	Mo (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	U (ppm)	Au (ppm)	Th (ppm)	Sr (ppm)	Cd (ppm)	Sb (ppm)	Bi (ppm)	V (ppm)	Ca (%)	P (%)	La (ppm)	Cr (ppm)	Mg (%)	Ba (ppm)	Ti (%)	B (ppm)	Al (%)	Na (%)	K (%)	W (ppm)	Au** (ppb)
M-659-A	1	33	28	44	0.4	1549	78	515	4.44	84	5	ND	1	43	1	11	2	30	0.97	0.006	2	2216	11.19	3	0.01	3	0.65	0.01	0.01	1	4
M-659-B	1	17	46	41	0.4	1083	54	379	2.94	8	5	ND	1	1	1	10	2	13	0.02	0.005	2	670	12.81	1	0.01	6	0.45	0.01	0.01	1	15
M-659-E	2	5	14	41	0.1	27	2	308	0.63	2	5	ND	3	18	2	2	2	29	2.80	0.074	6	56	0.29	11	0.04	2	0.67	0.02	0.01	1	5
M-659-F	29	269	3	139	0.3	70	13	252	2.45	3	5	ND	1	8	3	2	2	86	0.77	0.059	2	48	0.57	24	0.13	2	0.60	0.05	0.15	1	39
M-660-B	1	41	5	53	0.1	23	18	452	4.13	4	5	ND	1	18	1	2	2	79	1.78	0.123	4	71	1.66	7	0.23	2	1.63	0.07	0.09	1	7
M-662	1	48	13	84	0.1	15	22	513	3.26	2	5	ND	1	7	1	2	2	62	0.59	0.074	2	49	1.67	441	0.26	2	1.91	0.05	1.08	2	6
M-666-A	1	23	16	18	0.1	32	21	362	2.33	6	5	ND	1	33	1	2	2	45	4.73	0.244	2	70	0.37	4	0.10	3	1.00	0.01	0.01	1	8
M-666-B	1	16	19	84	0.1	31	4	258	0.96	20	5	ND	2	169	1	7	2	34	14.69	0.111	9	20	0.17	76	0.08	103	2.91	0.01	0.09	1	7
M-667-B	1	13	34	97	0.1	15	9	349	1.70	12	5	ND	3	68	1	2	3	31	1.33	0.100	11	26	0.18	27	0.15	4	0.48	0.04	0.14	1	3
M-667-C	24	692	25	38748	2.0	64	79	537	11.07	80	5	ND	2	140	494	22	3	30	13.14	0.186	19	32	0.21	2	0.09	521	1.89	0.01	0.01	1	14
M-667-D	3	43	21	244	0.6	18	6	1286	5.82	8	5	ND	1	234	3	2	2	63	7.91	0.003	2	49	0.21	5	0.13	5	2.16	0.01	0.01	2	4
M-668	7	1308	9	1211	0.5	27	7	196	2.83	7	6	ND	12	31	17	2	2	15	0.73	0.031	5	19	0.31	19	0.06	18	0.62	0.02	0.16	1	14
M-677	1	30	2	74	0.3	1613	79	394	3.89	56	5	ND	1	12	2	4	4	11	0.30	0.009	2	971	16.12	5	0.01	10	0.27	0.01	0.01	1	9
RB-159-A	1	11	37	110	0.1	12	9	2996	2.38	4	5	ND	4	184	11	2	2	21	29.63	0.039	6	12	0.61	58	0.01	3	1.18	0.03	0.06	1	2
MP-462-B	3	20	7	96	0.1	20	10	123	2.77	2	5	ND	16	12	1	2	2	27	0.39	0.021	33	23	0.82	42	0.01	2	1.72	0.08	0.15	1	8
CR-MP-553-B	1	2	4	18	0.1	3	1	1823	0.94	2	5	ND	1	59	1	2	2	12	13.65	0.001	2	5	0.04	11	0.07	2	0.71	0.01	0.02	1	5
MP-553-D.1	1	357	18	113	0.3	10	35	4609	6.85	16	5	ND	1	141	1	2	3	23	13.20	0.077	2	8	0.53	57	0.06	2	1.76	0.02	0.14	1	18
CR-MP-553-D.2	1	234	5	591	0.5	6	59	1649	45.48	28	5	ND	3	7	3	2	13	8	2.42	0.009	2	6	0.01	6	0.01	2	0.29	0.01	0.02	1	4
MP-554-C	556	85	16	75	0.1	277	15	525	4.25	5	5	ND	3	83	1	2	2	143	4.75	0.348	19	38	0.25	49	0.13	2	1.10	0.02	0.03	4	6
MP-554-F	26	146	4	45	0.1	84	17	1354	3.54	7	5	ND	30	35	1	2	2	37	1.95	0.131	5	17	0.06	9	0.08	2	0.71	0.01	0.02	1	29
MP-609	7	109	17	515	0.1	8	9	234	3.01	3	5	ND	6	9	1	2	2	38	0.29	0.017	3	6	1.24	60	0.09	2	1.11	0.03	0.13	1	8
MP-617	1	8	2	12	0.1	2	7	1532	5.97	9	5	ND	7	21	1	2	2	37	9.51	0.041	2	2	0.05	3	0.04	5	0.22	0.01	0.01	7	2
STD C/AU-R	19	63	41	132	6.6	73	30	1024	3.85	39	18	7	37	52	19	14	21	60	0.52	0.088	39	56	0.89	180	0.07	33	1.91	0.06	0.14	12	528
CR-HL-677	8	120	64	7593	2.8	227	13	999	24.54	2	5	ND	1	61	110	4	6	70	3.62	0.087	3	44	0.76	21	0.01	4	1.78	0.02	0.09	3	491
STD C/AU	18	57	42	131	6.8	67	30	949	3.97	44	20	7	37	47	19	15	23	57	0.45	0.093	37	55	0.81	175	0.06	38	1.77	0.06	0.14	11	510

APÉNDICE 7

Estudio semicuantitativo de sedimentos pesados y los resultados XRF (7a-7b)

Ramiro Bermúdez y M. Aráuz

INEMIN INSTITUTO ECUATORIANO DE MINERÍA

No. 03179

APÉNDICE 7a

QUITO, ABRIL 20, 1990

PARA : GERENTE TÉCNICO

DE : ING. RAMIRO BERMÚDEZ A.

ASUNTO : Resultados del estudio polimineral semicuantitativo de sedimentos pesados del Proyecto Cordillera Real.

1. ANTECEDENTES

La Misión de Asistencia Técnica de Gran Bretaña-INEMIN, dentro de su programación de trabajo durante el periodo 1986-1990, recolectó alrededor de 320 muestras de sedimentos pesados las mismas que fueron tomadas en las diferentes geotravesías efectuadas en la Cordillera Real.

Cabe resaltar, que previamente al estudio realicé una pasantía en los laboratorios del Servicio Geológico de Gran Bretaña y Escocia, durante la cual me familiaricé con las técnicas de preparación e identificación de minerales pesados sobre todo de minerales económicos, para lo cual utilicé equipo sofisticado como: imanes, lupa binocular, lámpara ultravioleta, microquímica, etc.

Así, los laboratorios del Instituto ubicados en Sta. Bárbara No. 2 Chillogallo, en especial el área encargada de estudios mineralométricos cuenta con el material básico para efectuar este tipo de estudio, sobre todo en lo que se refiere a la preparación del concentrado previo a su identificación.

Mi reconocimiento: al Sr. Guillermo Erazo, quien colaboró en la preparación de las muestras; al Dr. M. Litherland, Jefe de la Misión, quien decididamente brindó su apoyo a este mini-proyecto de investigación.

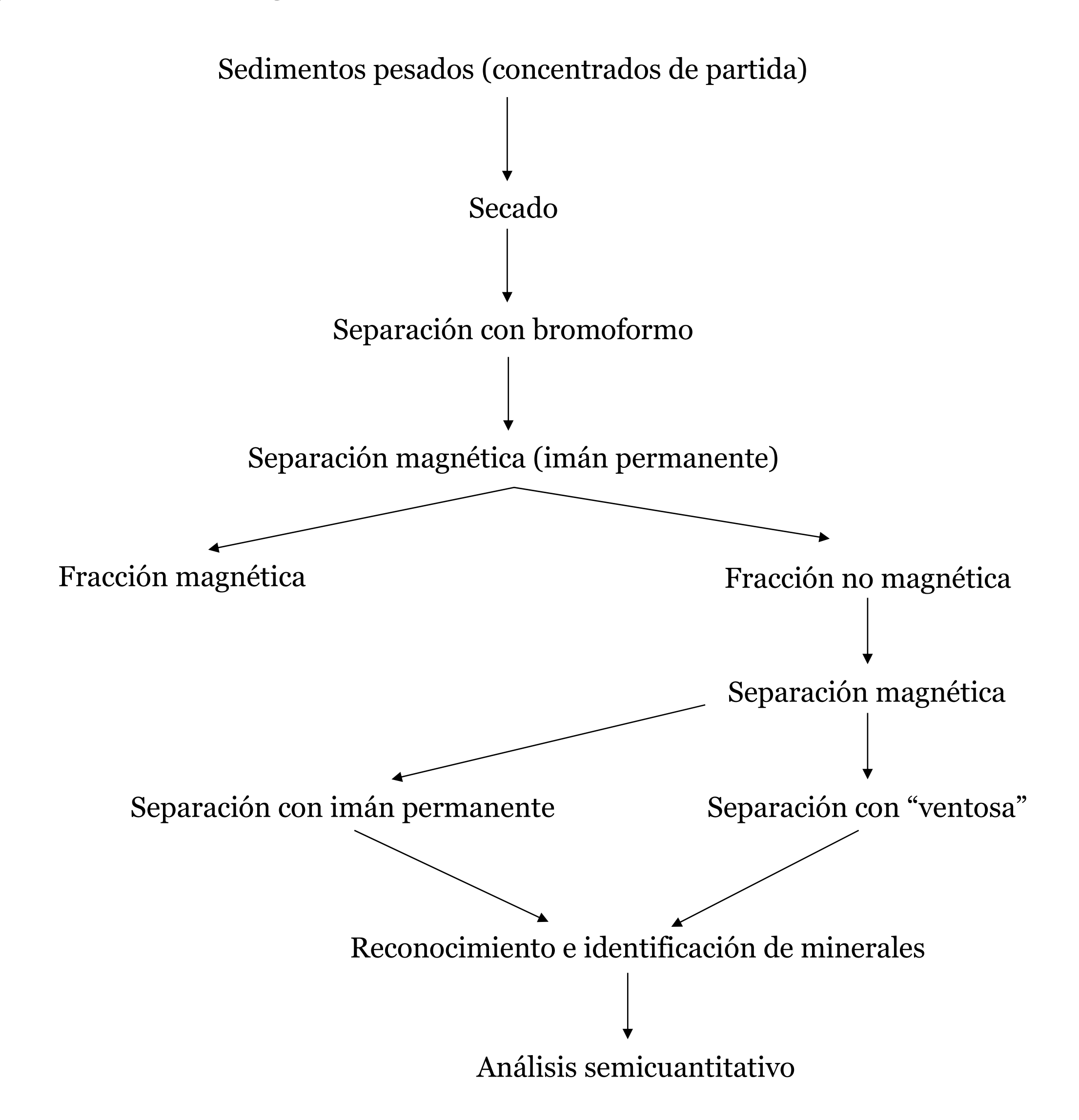
El presente reporte es una pequeña contribución al gran objetivo que persigue este proyecto: la determinación del potencial mineralógico de la Cordillera.

2. OBJETIVO

Efectuar el estudio polimineral semicuantitativo de 273 muestras de sedimentos pertenecientes al proyecto.

3.METODOLOGÍA

Se la puede resumir en el siguiente cuadro:



De las 273 muestras estudiadas, el 60% se las separó utilizando bromoformo. La metodología no es rígida, pero de manera general se ha mantenido el esquema antes planteado.

4. RESULTADOS

En los cuadros (Apéndice 7a) se encuentran cada una de las muestras estudiadas y su valoración semicuantitativa; así, como en los mapas (10 y 11) la ubicación de las mismas. Paralelamente se efectuó el análisis químico-cualitativo por fluorescencia de rayos X (XRF) de 106 muestras en los laboratorios de la Politécnica Nacional (Apéndice 7b).

A continuación, se presenta una ligera interpretación mineralógica:

4.1 Scheelita (WO_4Ca)

Se detectó fácilmente en la fracción no magnética usando luz ultravioleta. Su presencia más notoria es en las muestras pertenecientes al sector de Oyacachi, que podrían estar relacionadas con muestras de metamorfismo de contacto-skarn?

4.2 Circón (SiO_4Zr)

Se presenta en forma de prismas bipiramidales, cristalinos de variado color. Detectado fácilmente en la fracción no magnética proporcionando una fluorescencia amarilla bajo la luz.

El circón está presente en todas las muestras estudiadas, excepto en 43.

Su presencia conspicua puede estar relacionada con terrenos granitoides en general.

4.3 Oro (Au)

Se presenta en forma de granos aplastados, laminar de color amarillo con brillo metálico.

Existen sólo 50 muestras con oro, de las cuales 19 presentan más de 5 granos combinados con granos gruesos y oro laminar.

El contenido más alto alcanzado en una muestra fue de 14 granos pequeños y laminares pertenecientes a una muestra del Río Numbala.

4.4 Wolframita (Wo_4FeMn)

Se presenta en forma prismática, tabular, con brillo submetálico y de color gris a negro.

Existen muy pocas muestras con la presencia de este mineral y su contenido es muy bajo.

4.5 Casiterita (SnO_2)

Está presente (?) en muy pocas muestras y su contenido es muy bajo; efectuado el test para su identificación no se presenta el fenómeno químico al 100%. Parece que la variedad que tendríamos es la de colores oscuros, brillo casi metálico.

4.6 Galena (SPb)

Aparece en forma de granos cúbicos de color gris acero, brillo metálico.

Solamente 7 muestras proporcionaron galena.

4.7 Ilmenita (TiO_2)
Se presenta en forma tabular de contorno hexagonal, color negro y brillo submetálico.

De las 273 muestras estudiadas, no presentaron ilmenita 47, variando su contenido en los diferentes concentrados. Así su mayor concentración se ubica en las muestras localizadas en la zona al este de Saraguro y de 28 de Mayo, que podrían estar relacionadas con el conjunto granítico Tres Lagunas.

4.8 Pirita (S_2Fe)
Se presenta en forma de granos irregulares, a veces piritohedrales y combinados en diferentes formas, brillo metálico, de color amarillo latón.

De las 273 muestras estudiadas, no presentan pirita 108. Probablemente no son minerales de gran importancia.

4.9 Fluorita (F_2Ca)
Se presenta en granos prismáticos y más o menos angulosos, comúnmente es de color blanco e incoloro, transparente. A la luz ultravioleta su coloración es violeta.

Sólo 53 muestras presentan fluorita, además algunas muestras pueden estar acompañadas de ilmenita y/o rutilo, como ocurre con las del sector del Carmelo-La Bonita.

4.10 Siderita (CO_3Fe)
Sólo en siete muestras se encontró granos de este carbonato ferroso, presentando color negro a café marrón. Su contenido fue muy bajo.

4.11 Rutilo (TiO_2)
Se presenta en forma de cristales prismáticos o en forma de agujas alargadas, de color rojo a café rojizo, vitreo, la mayor concentración está en la fracción no magnética.

De las 273 muestras estudiadas, no presentaron rutilo 142, a veces se pueden encontrar agregados de ilmeno-rutilo.

En 12 muestras se encontró la presencia de anatasa, especie mineral que es un polimorfo del rutilo.

5. CONCLUSIONES

- El estudio de minerales pesados utilizando líquidos densos, y su reconocimiento por técnicas no sofisticadas constituye una herramienta útil y no muy costosa.
- El estudio mineralométrico semicuantitativo no es un método útil en la prospección de minerales económicos y sobre todo cuando se trabaja en escala regional.
- El reconocimiento e identificación de los minerales como: scheelita, oro, wolframita, galena, casiterita, etc., puede permitirnos ubicar zonas o áreas interesantes que pueden ser estudiadas posteriormente a detalle, manteniendo esta técnica y ejecutando un muestreo sistemático que nos permita evaluar al 100% estas zonas.

6. BIBLIOGRAFÍA

PIERRE DEVISMES (1978) Photographical Atlas of Detrital Minerals.

PAUL F. KERR (1977) Optical Mineralogy.

EOIN H. MACDONALD (1983) Alluvial Mining: The Geology, Technology and Economics of Placers.

HENRY B. MILNER (1962) Sedimentary Petrography.

ARPS C.E.S. (1970) Zircon in granites, gneisses and metasediments from western Galicia (N.W. Spain). Boletín geológico minero.

PARFENOFF A., POMEROL C., TOURENQ J. (1970) Les minéraux en grains, méthodes d’étude et détermination.

Ing. Ramiro Bermúdez A.
PROYECTO CORDILLERA REAL

Adj.: Cuadros de tabulación, Mapas de ubicación, Listado y tipo de estudio.

ESTUDIO POLIMINERAL SEMICUANTITATIVO DE LOS SEDIMENTOS PESADOS DE LA CORDILLERA REAL

Ing. Ramiro Bermúdez / INEMIN / Misión Británica — marzo 1989-abril 1990

Simbología

★ Microtrazas ≠ Trazas △ Escaso □ Ocasional y número de granos ● Común ○ Abundante + Dominante ⓘ Mineral identificado mediante lámpara ultravioleta

Muestra N° CR	Peso (grs)	% Magnéticos	% Pesados	Scheelita ⓘ	Circón ⓘ	Oro	Wolframita	Casiterita	Hematita	Ilmenita	Rutilo	Cianita	Columbita-Tantalita	Siderita	Pirita	Fluorita-Apatito ⓘ	Granate	Turmalina	Biotita	Micas	Moscovita	Topacio	Cromita	Observaciones
RB-001	44.2	21.0	51.0							□					□	□			□					
RB-002	16.6	15.0	64.5	□1	□					□					△		○			□				
RB-003	26.5	2.6	59.2												●		●			□				
RB-004	33.0	3.9	75.0														○					△		
RB-005	41.9	6.4	67.0							△							+	□		●				
RB-006	57.2	1.5	48.0		□				□						△		●			●				
RB-007	71.6	5.7	67.7	★	≠				□?				□		●		●			○				
RB-008	22.05	13.5	54.6										□		△		△		○					calcopirita □
RB-009	35.7	1.1	61.6	□1	★				□						△		○		○		○			
RB-010	75.6	1.1	44.1		★								□				○	□		□				
RB-011	79.9	-	25.4		□3										●		△			○				
RB-012	34.7	0.5	28.2	□2	★									□	○		△			○				
RB-013	24.5	25.3	51.8		□					△					●	△	△			○				
RB-014	22.2	3.1	16.6							□						□	△	□						
RB-015	19.2	2.6	56.7		★										△		△		●	○				
RB-016	39.5	2.1	76.7		□1		□1	□1		□		□		□	△		○	□	△	○				
RB-017	48.4	0.2	28.0													△?			△	●				
RB-020	68.2	1.3	33.8									△		△	△			□		●				
RB-022	135.4	5.0	29.5		★								□3						●		△			
RB-023	71.7	4.8	37.9		□3					□			□		△	△			●					calcopirita □
RB-024	112.9	4.0	49.6		□3					△					△			△	△	△				
RB-026	9.1	-	30.7																●	○				
RB-027	20.5	3.4	58.0							△			□		●			□	△					
RB-028	11.2	-	17.8							△							□			●				
RB-029	11.0	-	23.6		★					△			□		●		●	□	△	●				
RB-030	149.4	32.7	14.7		★								△		△				△		●			
RB-031	29.05	20.9	34.5	□7									□		○				●	●				
RB-032	17.0	4.7	27.6		★								△		●		○	□		●				
RB-034	36.6	37.1	11.7	□3	★	□4	□3?	□1					△		●				●				□3	Au laminar
RB-035	59.0	5.7	28.0	□3	★	□1				△				□	●		●		●	○			□	granos pequeños Au
RB-049	15.2	13.8	84.2	□2	★					△					●		●		●				□?	
RB-050	12.7	34.6	59.8	□2	★	□1				△					●		●			△			□?	granos pequeños Au

Muestra N° CR	Peso (grs)	% Magnéticos	% Pesados	Scheelita Ⓘ	Circón Ⓘ	Oro	Wolframita	Casiterita	Hematita	Ilmenita	Rutilo	Cianita	Columbita-Tantalita	Siderita	Pirita	Fluorita-Apatito Ⓘ	Granate	Turmalina	Biotita	Micas	Moscovita	Topacio	Cromita	Observaciones
RB-052	8.7	4.5	94.2		★					□				□	△		+							
RB-053	32.6	0.6	72.3		★						□						+		●		●			
RB-054	32.5	58.7	23.0		≠					△			△				●	△	○					
RB-055	15.1	53.0	26.4	□1	★	□2?				△			△		△		●		○		○			calcopirita □
RB-056	87.3	39.9	56.0		≠					△?			△		●	△?	●	△	□				□?	
RB-057	26.7	39.0	25.8	□2	★					●	□				△	□5			○		△			
RB-058	39.7	36.0	32.9		★					△	□				△		●		○		△			
RB-059	7.0	47.0	24.2	□2	★					△	□				●	□3	○		○		△			
RB-060	67.8	65.0	15.9	□3	★					△				□		□2	+		●		○			
RB-062	12.9	34.0	60.4	□4	★								□		△	□2	●		○		○			
RB-068	3.5	4.2	71.4		★					△			△				○	△			●			
RB-069	27.89	30.4	67.0				□4			□?					●		○							blenda △
RB-070	10.4	0.9	40.3												●						●			
RB-071	8.1	1.2	85.1		★										△	★	+	□?			○			
RB-072	58.4	40.2	58.5													△				○				
RB-073	2.8	10.7	57.1		□1					△			□				△		△		△			
RB-074	31.5	24.4	71.7		★								□?		●		△							blenda △
RB-075	23.9	14.0	79.0	□5	★					△							□	□	○		○			
RB-076	16.5	18.7	69.6	□2	★					□						□?	□	□			○			galena □
RB-077	18.9	25.0	62.1	□2	□								△			□?	△				○			galena □
RB-078	20.4	13.0	70.5		□						□				○	□?	○	□			△			
RB-092	26.3	17.8	71.1		□					△			△?		△		●		●		●		□	estaurolita □
RB-093	65.5	11.0	78.3	★	≠	□3	□?			●					●		+	△?			●		△	estaurolita □/ blenda □
RB-094	35.5	47.0	40.5	★	≠	□1				△					△		+		△		△			blenda △/anatasa □2
RB-095	36.8	8.4	63.3	□3	★	□1	□			●					+	□?	+	△	●		●			blenda □/galena △?
RB-096	60.3	56.5	41.9	★	≠	□10				●					●		○	□						blenda □/galena △
RB-097	16.8	10	68.0	□4	★	□?				△					△		○			○	●		△?	
RB-098	58.4	52.7	43.8	★	≠	□6	□?			△	△?				●		○	△					△	blenda △
RB-099	25.5	42.7	50.9	★	≠								△		●		○						△	blenda △/galena △/hematita △
RB-100	30.2	14.5	72.5	★	★										○		○	△					△	blenda △/galena △/hematita △
RB-101	26.7	6.7	64.0				□2			□					○		○							
RB-102	23.9	33.0	54.3	★	≠	□7				△	△				○	□?	○	△						hematita △/ Au laminar y pequeños granos
RB-103	10.8	47.0	50.9	□5	★					△	△			□	○		○		○				△	
R. Collay	7.8	2.5	69.2		★	□1	□?			△			□		+		○	△		△				hematita □/anatasa □
A-126	13.0	26.0	63.8	□21	★	□1	□			△	□				+		○		△				□	hematita □
A-127	10.8	25	66.6		≠	□1				△					○		△							hematita□/galena□/estaurolita□
A-128	10.3	36.9	45.6		≠	□2				△	□		△		●		△	□						blenda □/hematita □
A-129	7.2	4.2	52.7		★						□							□		○				hematita △
A-130	17.5	43.4	50.2	□?	★	□1							△?		●	□								

★ Microtrazas ≠ Trazas △ Escaso □ Ocasional y número de granos ● Común ○ Abundante + Dominante Ⓘ Mineral identificado mediante lámpara ultravioleta

★ Microtrazas ≠ Trazas △ Escaso □ Ocasional y número de granos ● Común ○ Abundante + Dominante Ⓘ Mineral identificado mediante lámpara ultravioleta

Muestra N° CR	Peso (grs)	% Magnéticos	% Pesados	Scheelita Ⓘ	Circón Ⓘ	Oro	Wolframita	Casiterita	Hematita	Ilmenita	Rutilo	Cianita	Columbita-Tantalita	Siderita	Pirita	Fluorita-Apatito Ⓘ	Granate	Turmalina	Biotita	Micas	Moscovita	Topacio	Cromita	Observaciones
A-131	8.0	20.0	66.6	★	★					□?	△						△						□	hematita ●
A-132	4.5	24.4	60.0		★					□								□?	△					hematita ●
A-133	12.9	40.3	48.0		★						□				○			△	●					hematita ○
A-134	36.8	15.7	74.7												□				□					hematita ○
A-135	19.4	7.7	92.2		□3					△								□		□				
A-136	13.1	0.2	98.4		★										□								△?	hematita △
A-137	8.6	0.5	97.6		□4								△					△					●	
A-138	7.0	0.5	68.0		□						□		□											hematita □
A-139	14.9	5.37	83.8		□2						□				●			□		○				hematita ○
A-140	12.0	1.6	89.0		□5										○		△	△?			○			
A-141	25.6	0.1	44.5		□5										△			□			○			anatasa □2/hematita ○
A-155	12.5	27.0	56.3		★	□1		□									○	△	□			□		
A-156	41.4	1.7	23.1		★	□2		□		●							○	△		△				anatasa □/hematita △
A-157	25.6	0.8	30.0			□3				△			□?				○		□					
A-158	17.6	0.1	26.7	□8	≠	□2					△													
A-159	13.4	0.3	13.4		≠	□1					□						△		○					anatasa □1/hematita □
A-160	24.4	0.2	39.7	□	≠													△	△		△			estaurolita ○
A-161	24.3	2.0	64.1	★	≠		△				□3						○	□						
A-162	13.6	0.07	16.9	□1							□						○	□	△					anatasa □2
A-163	19.2	70.3	18.7		≠		△?				□							□						anatasa □2
A-202	12.2	50.0	45.9		≠					△					△		△					△	□	
A-204	1.6	3.0	81.2		≠	□2	△			□	□2				△				△			△		blenda □
A-205	3.0	73.0	26.6		★					□					△					○				
A-206	9.2	2.0	71.7	□6											○									blenda △
A-207	8.7	-	17.2												△			△?		●				hematita □
A-208B	10.8	-	16.6	□6			●								△					○				hematita △
A-209	7.5	2.7	68.0		≠										●					○				
A-209C	14.9	-	51.6		★		△?										△	△		△				
A-210	11.8	6.8	55.0							△	□2				□2	△		□	△	□				
A-211	23.1	5.2	77.9		★					△	□?				△				△		△			hematita △
A-214	20.2	0.5	57.4		□						□1									●				hematita ○
A-215	6.4	51.6	39.0								□				○		△			●			□	hematita ○
A-216	21.0	74.8	20.4				△?								△		○			△				hematita □1
A-217	11.0	-	57.2		□												○			○				
A-218	9.5	-	22.5														□			○				hematita △
A-219	9.8	-	35.7													□?	○			○				
A-220	21.5	-	23.7												△	□?				●				
A-221	11.3	-	41.5			□1					□									●				calcopirita □
A-222	12.3	39.8	55.2	□2	≠										△					●				
A-222 (3-4)	37.5	-	2.1														□			●				

Muestra N° CR	Peso (grs)	% Magnéticos	% Pesados	Scheelita Ⓘ	Circón Ⓘ	Oro	Wolframita	Casiterita	Hematita	Ilmenita	Rutilo	Cianita	Columbita-Tantalita	Siderita	Pirita	Fluorita-Apatito Ⓘ	Granate	Turmalina	Biotita	Micas	Moscovita	Topacio	Cromita	Observaciones
A-223	54.4	2.9	92.8	□2											○	□3	△	□		△				
A-224	13.9	2.0	97.1		★					△							△	□?						
A-224	8.8	34.0	69.3		★										○					○				
A-225	39.1	38.0	92.3		★					●					●		□	□		●				
A-226	11.4	-	17.5								□				△					○				
A-226V	4.8	-	54.3		★					△								□		○				
A-227 (1-4)	83.6	-	3.1		★													□		●				
A-227V	71.3	78.9	13.1		★					△					△	□?	△	□	○		△			
A-228	37.6	13.2	41.2	★	★							□			△	□?	●							
A-229	17.3	2.9	68.2														●							
A-229V	17.2	9.3	83.1	□3	★										△	△?	●		○			△		
A-230	17.8	80.9	17.9	□	≠	○				△	△					△?	△					□		blenda □/micro Au
A-230V	8.7	27.6	47.1		★					△	△													
A-231	9.7	-	24.7		□					□							□			●		□		
A-231V	57.9	86.5	13.6		≠					△					△			△?			△			
A-232	24.2	57.4	32.2		★	□1				□					△									blenda △
A-232V	19.6	-	47.4		★										●		△	□		●				
A-233V	15.6	7.0	20.5		≠	□4		□?			□													
A-234V	52.4	58.0	41.7		★						□													
A-235V	21.2	38.0	56.6		★			□?								□?				●				
A-236	33.2	62.0	38.5		≠	□2									○								□?	
A-236V	11.0	-	81.8		★															●				
A-237V	83.2	47.0	52.4		≠					□														
A-238V	29.3	42.0	52.5		≠	□2		□3		△														hematita □
A-239V	34.5	64.0	33.9			□5				○													○?	
A-240V	67.8	55.0	43.2		≠	□2				○								□					□?	
A-241V	48.2	81.0	8.5		≠						□?													
A-242	33.9	-	95.5		★		□?				△						○	△		●				
A-243	39.1	22.0	75.7		★		△?			●										△				
A-244	43.4	1.6	91.9		★		△?								△		○	△		●				
A-245	9.3	53.7	45.1	□11	≠	□16				●	□				○									
A-246 (1)	38.7	2.8	70.2		≠			□?			□				△		●	□?						
A-246 (2)	27.6	2.5	78.9		★			□?		△					△		○	□						galena
A-247	42.8	32.0	66.8		★	□6				○	△				●		●							
A-248	28.9	-	93.7		★			□?									○	△		○				
A-249	26.7	-	73.4	□3	≠												●	△	△					
A-250 (1)	28.3	91.0	4.5	□2	≠						□				△		□			●				
A-250 (2)	63.3	91.6	3.4		≠			□?		△					△		△	□		●				
A-251	26.9	55.7	10.4	□3	≠					△					○		□							
A-252	34.0	43.0	30.5	★	≠					□						△	△	□?	△		□			
A-253	36.1	12.0	29.9	★	≠					□	□?				○		△						□	

★ Microtrazas ≠ Trazas △ Escaso □ Ocasional y número de granos ● Común ○ Abundante + Dominante Ⓘ Mineral identificado mediante lámpara ultravioleta

★ Microtrazas ≠ Trazas △ Escaso □ Ocasional y número de granos ● Común ○ Abundante + Dominante ⓘ Mineral identificado mediante lámpara ultravioleta

Muestra N° CR	Peso (grs)	% Magnéticos	% Pesados	Scheelita ⓘ	Circón ⓘ	Oro	Wolframita	Casiterita	Hematita	Ilmenita	Rutilo	Cianita	Columbita-Tantalita	Siderita	Pirita	Fluorita-Apatito ⓘ	Granate	Turmalina	Biotita	Micas	Moscovita	Topacio	Cromita	Observaciones
FV-142	109.2	80.8	17.6		□10	□1				△					○									
FV-143	47.3	68.7	17.1	□4	★		□?			△							○			●				
FV-144	21.4	11.0	14.0	□3	★		□?										△			○				
FV-145	52.7	5.3	3.9		≠		□?								△		□		●					
FV-146	25	29.6	5.6	□2	★												□		○					
FV-147	38.1	15.0	23.3		★										□	□	△		○		□			
FV-148	32.8	44.0	5.4		≠											★	△		●		□			
FV-149	54.2	4.0	32.2	★	≠											□	△		●		△			
FV-150	73.0	73.5	10.6		≠		□?																	hematita □
FV-151	68.6	72.0	64.4					□?		□							△	□					△?	hematita △
FV-152	57.0	74.0	15.6		★			□?		□									△					hematita □
FV-153	106.8	84.0	12.8		★					□						□		□						hematita □
FV-154	46.7	81.6	9.2		★					△										●				hematita △
PO-83	22.2	28.3	-		★					□	□									●				
PO-84	6.1	29.5	-		□					●					△									
PO-85	11.4	-	-		□					●														hematita □
PO-86	5.2	30.7	-		□															□			△?	
PO-87	1.6	-	-							□						★								
PO-88	1.7	52.9	-	□4	□20	□2				△	□				△									
PO-89	0.4	-	-								△					□1	□							
PO-90	35.7	-	-													≠?								
PO-91	69.0	11.8	-		★					○	□							□						
P-104	33.9	17.9	-		□2						□					≠								
P-105	40.2	33.0	-												□			□		□				
P-106	31.3	22.3	-	□2	★										△			□		□				
P-107	39.1	15.8	-	□5	★	□2					△				●		△		□			□		
P-109	35.9	40.9	-		□					□					●									
P-110	26.0	88.4	-		□						□				□									
P-112	24.4	25.8	-		★										□					△		□?		
P-114	25.3	35.1	-		□	□1		□?			△				●	≠	△			●				
P-115	22.1	25.7	-	□1	□										●					△				
P-116	45.9	-	-												○	+								
P-117	20.2	48.0	-		□						△						△							
P-118	25.3	47.8	-	□10	□		□?			□					●		△			□				
P-119	23.4	41.4	-		□										○									
P-120	14.3	39.8	-		≠						□				●		△			△				
P-121	4.6	80.4	-		□					□							△		△					
P-122	2.5	44.0	-												△		△	□						
P-123	1.8	88.8	-		□											□1								
P-124	1.6	37.5	-		□											□	△			△				
P-169	7.9	-	-		≠												△			△				anatasa □

Muestra N° CR	Peso (grs)	% Magnéticos	% Pesados	Scheelita Ⓘ	Circón Ⓘ	Oro	Wolframita	Casiterita	Hematita	Ilmenita	Rutilo	Cianita	Columbita-Tantalita	Siderita	Pirita	Fluorita-Apatito Ⓘ	Granate	Turmalina	Biotita	Micas	Moscovita	Topacio	Cromita	Observaciones
A-164	87.5	50.7	-		□					○						△	△		□					
A-165	47.3	9.0	-		≠					○													□?	
A-166	45.6	25.2	-		★					○									□					
A-167	11.7	18.8	-		≠					○								△						
A-170	65.6	36.7	-	□1	★					○							△	□						anatasa □
A-171	16.1	62.1	-	□2	★		□?									★				△				
A-172	7.1	42.2	-	□10	★					△														
A-254	10.4	14.4	-	★	≠					△					□					○				
A-255	28.2	8.5	-	□4	□					○	□													
A-256	15.5	7.7	-		≠		△?				□									△				hematita □
A-257	10.5	-	-		★		△?				□?									△				
A-262	42.3	28.6	-	□1	★		△?			○														
P-113	10.8	23.1	-												●					○				
MC-125	33.4	13.7	-	□18	□										○	★			△				△?	
MC-127	20.9	52.6	-		□	□1					□						○							
MC-128	23.5	70.6	-	□2	□	□1					□						○				△			
MC-129	46.9	4.9	-		□						□				△		○				●			
MC-130	17.5	2.2	-		□										△		●				●			
MC-131	6.7	17.9	-	□4	★		□?				□				△		●			●				
MC-132	30.1	22.2	-		□					□					△		△			●				
MC-133	26.5	33.2	-		≠		□?				□				△		△							
MC-134	47.5	46.9	-	□2	≠						★				△					●				blenda △
MC-135	3.6	41.6	-		★						□						△							
MC-136	122	87	-	□2	★	□4									□		●							
AP-180	67.1	97.7	-	★	≠						□				△				□				□?	
A-268	7.0	-	-	□5	≠								□?				△		□					anatasa □
A-188	9.3	22.5	-	□15	□	□8					□				●				△					grano grueso y fino Au
A-182	2.9	75.8	-	□11	□						□3									△				
AP-187	6.2	-	-		★			□2?			△						△			△				
AP-185	2.8	25.0	-	□1	★											□2				●				
AP-173	2.6	15.3	-		□						△					□2								
AP-178	4.6	-	-		★	□1	□?										△			●			□	
AP-183	27.0	97.0	-	□20	★					□	□					□1								
A-186	6.0	1.6	-	□1	★						○						●							
AP-190	3.8	34.2	-	□6	★	□6					□												△?	
A-276	19.6	47.4	-	□6	★												○						△?	
A-267	9.0	13.3	-	□5	≠					□	□									●				anatasa □
A-263	27.6	79.7	-		≠	□6									○				□					galena □
AP-179	3.6	44.4	-	□25	★															△				
AP-175	6.9	7.2	-	□5	□															○				
A-265	8.4	13.0	-	□5	≠					○	□2				□		○							anatasa □4

★ Microtrazas   ≠ Trazas   △ Escaso   □ Ocasional y número de granos   ● Común   O Abundante   + Dominante   Ⓘ Mineral identificado mediante lámpara ultravioleta

★ Microtrazas ≠ Trazas △ Escaso □ Ocasional y número de granos ● Común ○ Abundante + Dominante ⓘ Mineral identificado mediante lámpara ultravioleta

Muestra N° CR	Peso (grs)	% Magnéticos	% Pesados	Scheelita ⓘ	Circón ⓘ	Oro	Wolframita	Casiterita	Hematita	Ilmenita	Rutilo	Cianita	Columbita-Tantalita	Siderita	Pirita	Fluorita-Apatito ⓘ	Granate	Turmalina	Biotita	Micas	Moscovita	Topacio	Cromita	Observaciones
A-266	3.5	11.4	-		≠												△		△					
AP-189	10.5	20.9	-	□2	★										+		○							
AP-181	17.6	99.4	-	□3	□	□3				△	□1				□	□4			□					
A-272	4.6	13.0	-		□										□					△				
A-270	2.9	-	-		≠		□?			□	△								△					
AP-184	7.7	79.2	-												□		○			△				
AP-176	2.0	20.0	-								□				□					△				
AP-177	4.1	7.3	-								□						□							
AP-174	5.6	5.3	-								□									○			□?	
A-269	3.9	-	-		≠	□3	□?			△														anatasa □1
A-275	5.8	20.6	-		≠		□?				□								○					anatasa □3
A-279(1)	62.7	82.1	-		★					△	△				△		□							
A-279(2)	48.5	80.2	-		□					○	○												□?	
A-273	44.6	49.3	-	□7	★										+									hematita △
A-278	52.0	17.6	-	□5	≠	□4				○							△							
A-271	15.8	48.1	-		★		□?								+	□2							□?	
A-264	6.5	-	-		□								□?		□					△				
A-274	34.1	81.5	-		□		△?								△									
A-280	30.9	69.5	-		≠		□									□1							△?	
A-277	54.2	90	-		□	□1									△									
RB-193	15.5	12.9	-												△					○				
RB-194	81.0	1.6	-												△					○				
RB-195	62.3	1.1	-								□2				△					○				
ML-147	10.5	77.1	-	□20	★					△	□				●									
ML-146	9.9	73.7	-	□1	≠					△	□				△									
ML-145	27.5	76.7	-	□20	≠	□3				△	□						△							
ML-144	11.5	36.5	-	□3	★						□				□	□?	△							
ML-148	27.4	90.8	-	□5	★						□												□?	
ML-137	3.0	40.6	-	□30	★					□	□				●		□							
ML-141	16.3	80.9	-				□?			□	□				□					△			□?	
ML-142	11.2	69.6	-	□20	★		□?								△		△						□?	
ML-143	23.1	66.6	-	□60	★	□1		□?		□	□				△		△							
ML-150	22.8	46.4	-	□5	★	□1				□														
ML-149	10.9	57.7	-		★		□?				□?								△				□?	
ML-138	13.9	25.8	-	□10	★	□1				□	□				△		△							
ML-139	34.1	64.5	-	□20	≠	□11				□							△							
ML-140	42.4	71.4	-	□8	≠	□1				△	□						□		□				□?	
ML-136	4.3	34.8	-	□1											○		□							

APÉNDICE 7b

Análisis químico cualitativo por XRF de sedimentos pesados de la Cordillera Real del Ecuador



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

APARTADO 2759
TELEX 22650 ESPONA
Quito-Ecuador

FACULTAD DE GEOLOGÍA MINAS Y PETRÓLEOS

I N F O R M E

Análisis:	Químico (cualitativo) por XRF
Solicitado por:	Misión Británica e INEMIN
Muestras:	Sedimentos pesados (Cordillera Real del Ecuador)
Número:	29 (veintinueve)
Costo:	Ninguno. Colaboración Interinstitucional
Departamento:	Geología
Laboratorio:	Rayos-X
Analista:	Tlga. Med. María de los Ángeles Aráuz

Equipos utilizados

–	Espectrómetro:	Philips PW 1410
–	Detector:	Flujo y centelleo
–	Cristal:	LiF200
–	Tubo:	Tungsteno

No.	Código	Ba	Ce	Zr	Sr	Rb	Pb	As	Zn	Ni	Cu	Fe	Co	Mn	Cr	Ti	V	Ag	Au	Y	Nb	Mo	Sn	Sb
1	CR-P-086	d		f	d		d		m	d	d	f		f	f	f				trz	trz			
2	CR-P-087	d		d	m	d			d	trz	trz	f		m	m	m	trz	trz						
3	CR-P-090	d		d	d	trz			d	trz	d	f		m	d	m	trz							
4	CR-P-107	d	trz	m	m	trz			d	trz	trz	f		f	d	f				trz				
5	CR-P-114	d	d	f	m	trz	trz		d	d	trz	f	trz	m	d	f				trz				
6	CR-P-119	d	d	f	m	trz	m	m	d	trz	d	f	trz	m	trz	f								
7	CR-P-122	trz		d	d	trz		trz	d		trz	f		f	trz	f								
8	CR-P-123			m	d				d	d	trz	f		f	d	f								
9	CR-A-164		d	f	d		trz		d		trz	f		d	trz	f				trz	trz			
10	CR-A-163		m	f	trz	m	d		d		trz	f		m		f		trz	trz	d	trz	trz	trz	
11	CR-A-170		trz	f					d		trz	f		m	trz	f								
12	CR-A-171	d	d	f	d	trz	d	d	d		trz	f		f		f					trz			
13	CR-MC-131	d	trz	f	m				trz		trz	f		m		f								
14	CR-MC-136	trz	d	f	m		trz		d	trz	trz	f		f	d	f				d			d	
15	CR-MC-134	trz	d	f	d		trz	trz	d		trz	f		f	trz	f		trz	trz	d	trz	trz		
16	CR-A-129	trz	trz	d	d	d			d		trz	f		f	d	m				d				
17	CR-MC-125	m		d	d			trz	d	trz	d	f		d	d	f	trz							
18	CR-AP-180		d	f	trz	trz	m	m	d		trz	f	d	f	trz	f		trz	trz		d	d	trz	
19	CR-A-286		d	f	d		d		trz		trz	f	trz	f		f			trz	m				
20	CR-AP-187		trz	f	d		trz	trz	d		trz	f		f	trz	f								
21	CR-A-215	trz	d	f	d	d	trz		d	trz	trz	f	trz	f	trz	f								
22	CR-AP-178	trz	trz	f	d	d	d	d	d	trz	trz	f		f	trz	f		trz		trz				
23	CR-AP-173	d		d	d	trz	trz	trz	m	d	m	f		m	d	m								
24	CR-AP-183	trz	d	f	trz		d	d	d		d	f		f	trz	f								
25	CR-A-256	d	d	f	trz	d	trz		d		trz	f		m		f				trz	trz			
26	CR-A-262	trz	trz	f	d	trz	trz		d		trz	f		m	trz	f								
27	CR-MC-133	d	d	f	m	d			d	trz	trz	f		d	trz	m		trz					trz	
28	CR-P-118	d	d	f	m	d	d	d	d	d	d	f		m	trz	m				trz				
29	CR-A-255	d	d	f	d	d			d		trz	f		m	trz	f						trz		

fuerte (f), moderado (m), débil (d), trazas (trz).

Quito, abril 12 de 1990
Ing. Tomás Espinosa
DECANO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

APARTADO 2759
TELEX 22650 ESPONA
Quito-Ecuador

FACULTAD DE GEOLOGÍA MINAS Y PETRÓLEOS

I N F O R M E

Análisis:	Químico (cualitativo) por XRF
Solicitado por:	Misión Británica e INEMIN
Muestras:	Sedimentos pesados (Cordillera Real del Ecuador)
Número:	46 (cuarenta y seis)
Costo:	Ninguno. Colaboración Interinstitucional
Departamento:	Geología
Laboratorio:	Rayos-X
Analista:	Tlga. Med. María de los Ángeles Aráuz

Equipos utilizados

- Espectrómetro: Philips PW 1410
- Detector: Flujo y centelleo
- Cristal: LiF200
- Tubo: Tungsteno

No.	Código	Ba	Ce	Zr	Sr	Rb	Br	Pb	As	Zn	Ni	Cu	Fe	Co	Mn	Cr	Ti	Ag	Au	Y	Nb	Mo	Sn	Sb
1	CR-RB-060	m	m	f	f	d	m	trz	trz	d	d	trz	f		f	d	f			d				
2	CR-MP-93	m	d	m	d	m	f	trz	d	d	d	d	f	trz	f	d	f	trz		d				
3	CR-MP-94	m	m	m	d	d	m		trz	d	d	trz	f		f	d	f			trz				
4	CR-MP-95	m		d	d	d	f		trz	d	trz	d	f		f	trz	f			d				
5	CR-MP-100	d		f	m	d	f	d	d	d	trz	d	f	d	f	trz	m			trz				
6	CR-MP-103	m	d	m	d	d	d		m	m	d	d	f	trz	f	d	f			trz				
7	CR-A-126	d	trz	f	trz	d	d	d	d	trz		d	f		f	trz	f			d			trz	trz
8	CR-A-127	f	d	f	d	d	d	trz	m	d		d	f		f	d	f	trz		trz	trz		trz	trz
9	CR-A-130	m	trz	m	m	trz	m	d	d	d	trz	d	f	trz	m	d	f							
10	CR-A-135	d	trz	m	m	trz	m	d	d	d	d	d	f		m	d	f			trz				
11	CR-A-136	trz		d	m		m			trz		trz	f		m	m	f							
12	CR-A-138	m	trz	f	f	d	f	trz	trz	d	trz	trz	f		m	d	f			trz	trz			
13	CR-A-141	d	d	f	d	d	m		trz	m	trz	d	f		m	d	f			d	trz			
14	CR-A-155	trz	trz	m	d	trz				trz	trz	trz	f		f	d	f			d				
15	CR-A-156	d	m	f	m	d	trz	trz	d	d		trz	f		f	trz	f		trz	m				
16	CR-A-159	d	d	f	d	d	d	trz	f	d	d	d	f	trz	f	d	f	trz	trz	d	d			
17	CR-A-161	d	m	f	d	f	d	d	d	d		d	f	trz	f	d	f		trz	m				
18	CR-A-163	trz	d	f	m	d	m	d	d	d		d	f	d	f	trz	f			d	trz			
19	CR-A-204	trz		f	d	trz	m	m	m	f	d	d	f		f	trz	f	trz		trz				
20	CR-A-209C	trz		m	f	d	m	trz	d	d	d	trz	f		m	d	f			d				
21	CR-A-215	trz	trz	d	m	d	f		trz	d		d	f	d	m	d	f			d	trz			
22	CR-A-216	d	d	f	m	d	m		d	trz		d	f	d		trz	f			d	trz			
23	CR-A-247		f	f	trz	f	d	trz		d		trz	f	trz	f	d	f	trz	trz	f	d	trz		

fuerte (f), moderado (m), débil (d), trazas (trz).

No.	Código	Ba	Ce	Zr	Sr	Rb	Br	Pb	As	Zn	Ni	Cu	Fe	Co	Mn	Cr	Ti	Ag	Au	Y	Nb	Mo	Sn	Sb
24	CR-A-228	d	m	f	m	m	m	d	d	d	trz	trz	f		f	trz	f			m	trz			
25	CR-A-230V	d	d	f	d	d	d	trz	trz	m	d	trz	f		m	d	f			trz	trz			
26	CR-A-239V	d	trz	d	d		m			d		d	f		m	d	f	trz	d					
27	CR-A-240V	d	trz	f	d	trz	d		trz	d		d	f		m	f	d		Au					
28	CR-A-246(P1)	trz	m	m		m	m	trz	trz	m	d	trz	f		f	d	f			d	trz			
29	CR-A-246(P2)	m	m	m	trz	d	d			d	d	trz	f		f	d	f		trz	m	trz			
30	CR-A-248	trz	m	m		m	d			m	d	trz	f		f	d	f		d	m	trz			
31	CR-A-233V			f	d		d	trz	d	trz		d	f	trz	d	d	f		trz		trz			
32	CR-A-235V	d	trz	f	d	trz	d	trz		d	trz	d	f		m	d	f							
33	CR-A-238V	d	trz	f	d	d	m			d	trz	d	f		f	d	f							
34	CR-A-242	trz	f	f		d	m			d		trz	f	trz	f	d	f			m	trz	trz		
35	CR-A-243	trz	d	f	d	d	m			d		trz	f		f	trz	f		trz	d	trz			
36	CR-A-244	trz	d	m	trz	d	m			m	trz	trz	f		f	d	f	trz		m				
37	CR-A-249		trz	f	m	m	f			trz		trz	f		f	d	m							
38	CR-A-250(P2)	d	f	f	d	d	m	d		d	trz	d	f	trz	f	d	f		trz	f	trz	trz		
39	CR-FV-143	m	m	f	d	d	d	d	d	m	d	d	f		f	d	f		trz	d	trz	trz	trz	
40	CR-FV-144	trz	f	f	d	m	d		d	m	trz	d	f	trz	f	trz	f	trz		f	trz	d		
41	CR-FV-145	m	f	f	m	d	trz	trz		d		trz	f	trz	f	d	f			f	d	d		
42	CR-FV-146	trz	f	f	m	f	d	d		d		trz	f	d	f	trz	m			f	m	d		
43	CR-FV-150	d	trz	f	f	d	m	trz	d	d		d	f		f	trz	f							
44	CR-FV-151	m		d	d		d				trz	d	f		m	d	f							
45	CR-FV-152	d	trz	f	f	d	d	trz		d		d	f		m	trz	m							
46	CR-FV-154	d	d	f	m	d	d	trz	trz	d		d	f		m	trz	f				trz			

fuerte (f), moderado (m), débil (d), trazas (trz).

Quito, abril 3 de 1990
Ing. Tomás Espinosa
DECANO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

APARTADO 2759
TELEX 22650 ESPONA
Quito-Ecuador

FACULTAD DE GEOLOGÍA MINAS Y PETRÓLEOS

I N F O R M E

Análisis:	Químico (cualitativo) por XRF
Solicitado por:	Misión Británica e INEMIN
Muestras:	Sedimentos pesados (Cordillera Real del Ecuador)
Número:	31 (treinta y uno)
Costo:	Ninguno. Colaboración Interinstitucional
Departamento:	Geología
Laboratorio:	Rayos-X
Analista:	Tlga. Med. María de los Ángeles Aráuz

Equipos utilizados

– Espectrómetro:	Philips PW 1410
– Detector:	Flujo y centelleo
– Cristal:	LiF200
– Tubo:	Tungsteno

Observaciones: En la última columna del cuadro de resultados consta una correspondiente a la de minerales presentes con propiedades magnéticas y que en el caso de las muestras analizadas debe corresponder a Magnetita y/o Titanomagnetita.

Este tratamiento es necesario previo análisis mediante XRF.

No.	Código	Ba	Ce	Zr	Sr	Rb	Pb	As	Zn	Ni	Cu	Fe	Co	Mn	Cr	Ti	Ag	Au	Y	Nb	Mo	Sn	Sb	Mgt
1	A-136		trz	f	d				trz	trz	trz	f		f	trz	f			d	d				
2	A-190	d	d	f	m	d	trz		d	d	d	f		f	d	f		trz	m	trz				
3	A-276		f	f	trz	m	d	d	d		trz	f	trz	f		f		trz	m	d	d			
4	A-267		m	f	m	d	d	d	trz		trz	f	d	f		f			f	trz		trz	trz	
5	AP-179	d	d	f	d	d	m	m	d	trz	d	f		f	trz	f	trz	trz	m	trz				
6	A-265	trz	d	f	d	f	d		trz		trz	f	trz	f		f			f					
7	A-189	trz		f	d	d		trz	trz		trz	f	trz	f		f								
8	AP-181	trz	d	f	d			trz	d		trz	f		f	trz	f		d	trz					
9	A-270	trz	d	f	trz	m	d		trz	trz	trz	f		d		f								
10	A-269		d	f	trz	m	d		trz	trz	trz	f	trz	m	trz	f			f	d				
11	A-275	d	d	f	trz	d	d	d	d		d	f		m	d	f		trz?		trz		d		
12	A-279(2)	f	trz	f	m	d	m		trz		m	f	trz	f	trz	f	trz			trz				10%
13	A-273	d		f	d	trz	d	m	d	trz	d	f	trz	m	d	f								10%
14	A-271	d	d	f	d	d	m	m	d	trz	d	f	d	d	d	f								
15	AP-174	m		trz	m	d			d	d	d	f		m	d	d				trz				
16	A-264			f	trz	trz		trz	trz		trz	m		d	trz	m						trz		
17	A-274	d	d	f	m	d	m	m	d	d	d	f	d	m	m	d								15%
18	A-280	d	trz	f	d	d	trz		d		d	f		f	trz	f								5%
19	RB-195	d	trz	d	m	d		trz	d	trz	d	f		d	d	m	trz							
20	ML-146		d	f	m	trz	d		d	trz	d	f	d	f	d	f				d				
21	ML-145	trz	d	f	d	d	d		d		d	f		f	trz	f		trz	d	d				
22	ML-144	d	m	f	d	d	trz	trz	d	trz	trz	f		m	trz	f		trz	d	trz	trz			
23	ML-141	d	d	f	m	d	m		m		trz	f		f	m	f	d		trz					
24	ML-142	m	m	f	m	m	d	d	m	d	d	f		f	m	f		trz	trz	trz	trz			
25	ML-143	m	m	f	m	d	d	d	d		trz	f		m	trz	f	trz		trz					
26	ML-149	d	d	f	d		d	d	d	trz	d	f	trz	m	d	f		trz	d	trz				
27	ML-138	d	m	f	m	d	d	m	m	d	d	f	trz	m	d	m								
28	ML-139	d	m	f	d	d	d	d	d	trz	trz	f		m	d	f				trz	trz			
29	ML-140		d	f	d	d	d	d	d		trz	f		f	d	f				trz	trz			
30	ML-136	d	d	f	m	d	d	trz	trz	trz	d	f	d	m	trz	f								
31	ML-148	d	d	f	m	d	d		d		d	f		f	d	f				trz	trz			

fuerte (f), moderado (m), débil (d), trazas (trz), Magnetita (Mgt)

Quito, mayo 7 de 1990
Ing. Tomás Espinosa
DECANO

Lista y tipo de estudio de los sedimentos pesados

No. de la muestra	Ubicación	Tipo de estudio
RB-001	R. Patate	PS
RB-002	R. Patate	PS
RB-003	R. San Pablo	PS
RB-004	R. Ulba	PS
RB-005	R. Pastaza	PS
RB-006	R. Blanco	PS
RB-007	R. Verde	PS
RB-008	R. Pastaza	PS
RB-009	R. Pastaza	PS
RB-010	R. Machay	PS
RB-011	R. Pastaza	PS
RB-012	R. Topo	PS
RB-013	R. Zuñag	PS
RB-014	R. Alao	PS
RB-015	R. Maguazo	PS
RB-016	R. Alao	PS
RB-017	R. Alao	PS
RB-020	R. Atillo	PS
RB-022	Q. Pancún	PS
RB-023	R. Tingo	PS
RB-024	R. Cebadas	PS
RB-026	R. Upano	PS
RB-027	R. Upano	PS
RB-028	R. Upano	PS
RB-029	Zuñac	PS
RB-030	Salado Chico	PS
RB-031	Salado Grande	PS
RB-032	R. Cugusha	PS
RB-034	R. Colimbo	PS
RB-035	R. Abanico	PS
RB-049	Monte Olivo	PS
RB-050	R. Pimampiro	PS
RB-052	R. Verde	PS
RB-053	R. Verde	PS
RB-054	Sta. Bárbara	PS
RB-055	La Bonita	PS
RB-056	R. Sibundoy	PS
RB-057	Sta. Bárbara	PS
RB-058	Q. Agua Amarilla	PS
RB-059	Sta. Bárbara	PS
RB-060	Q. de las Piedras	PS/XRF
RB-062	Q. El Oso	PS
RB-068	Q. Los Incas	PS
RB-069	R. Muyo	PS
RB-070	R. Muyo	PS
RB-071	R. Verde Grande (arroyo)	PS
RB-072	R. Antisana	PS
RB-073	Q. Soledad	PS
RB-074	Q. Soledad	PS
RB-075	Base 4	PS
RB-076	Cabeceras Cosanga	PS
RB-077	Cabeceras Cosanga	PS
RB-078	Cabeceras Cosanga	PS

No. de la muestra	Ubicación	Tipo de estudio
MP-092	R. Oyacachi	PS
MP-093	R. Oyacachi	PS/XRF
MP-094	R. Cariyacu	PS/XRF
MP-095	R. Chalpi	PS/XRF
MP-096	R. Oyacachi	PS
MP-097	R. Cedro	PS
MP-098	R. Oyacachi	PS
MP-099	R. Stan María	PS
MP-100	R. San Juan Grande	PS/XRF
MP-101	R. San Juan Chico	PS
MP-102	R. Quijos	PS
MP-103	R. Quijos	PS/XRF
R. Collay	R. Collay	PS
PO-083	Taday	PS
PO-084	R. Dudas	PS
PO-085	R. Dudas	PS
PO-086	R. Dudas	PS/XRF
PO-087	R. Paute (afluente)	PS/XRF
PO-088	R. Juval	PS
PO-089	R. Collay (afluente)	PS
PO-090	R. Paute (afluente)	PS/XRF
PO-091	R. Pindilig	PS
P-104		PS
P-105	Cabeceras Cosanga	PS
P-106	Cabeceras Cosanga	PS
P-107	Cabeceras Cosanga	PS/XRF
P-109	R. Aliso	PS
P-110	R. Azuela	PS
P-112	R. Salado	PS
P-113	R. Salado (afluente)	PS
P-114	R. Salado (afluente)	PS/XRF
P-115	R. Cascabel	PS
P-116	R. Salado	PS
P-117	R. Diviso	PS
P-118	R. Diviso	PS/XRF
P-119	R. Diviso	PS/XRF
P-120	R. Diviso	PS
P-121	R. Saraurco	PS
P-122	Saraurco N.	PS/XRF
P-123	R. Hualaringo	PS/XRF
P-124	R. Hualaringo	PS
ML-136	Q. Garrapatal	PS/XRF
ML-137	R. Sucio (afluente)	PS
ML-138	Q. La Chisparosa	PS/XRF
ML-139	R. Laurel	PS/XRF
ML-140	R. Condué	PS/XRF
ML-141	R. Cofanes	PS/XRF
ML-142	Q. Pilares	PS/XRF
ML-143	R. San Jorge	PS/XRF
ML-144	R. Laurel	PS/XRF
ML-145	R. Palmar	PS/XRF
ML-146	Q. La Industria	PS/XRF
ML-147	Q. Las Juntas	PS
ML-148	Q. El Bicudo	PS/XRF
ML-149	Q. Bijagual	PS/XRF
ML-150	R. La Chispa	PS

No. de la muestra	Ubicación	Tipo de estudio
A-126	R. Moriré	PS/XRF
A-127	S. M. Cuyes	PS/XRF
A-128		
A-129	Amazonas	PS
A-130	R. Cuyes (afluente)	PS/XRF
A-131	R. Cuyes	PS
A-132	R. Cuyes	PS
A-133	R. Cuyes	PS
A-134	R. Cuyes	PS
A-135	R. Cuyes	PS/XRF
A-136	R. Cuyes	PS/XRF
A-137	R. Cuyes	PS
A-138	R. Cuyes	PS/XRF
A-139	R. Collay (afluente)	PS
A-140	R. Chorro Blanco	PS
A-141	Q. Honda	PS/XRF
A-155	R. Betas	PS/XRF
A-156	R. Macuchi	PS/XRF
A-157	R. Zavala	PS
A-158	R. Zavala (afluente)	PS
A-159	R. Zavala (afluente)	PS/XRF
A-160	R. Zavala (afluente)	PS
A-161	R. Zavala (afluente)	PS/XRF
A-162	R. Sta. Cleotilde	PS
A-163	R. Piuntza	PS/XRF
A-202	R. Molor	PS
A-204	R. Sangurima	PS/XRF
A-205	Chigüinda	PS
A-206	Q. Montanero	PS
A-207	Q. Chorro Blanco	PS
A-208B	R. Collay	PS
A-209	C. Negro	PS
A-209C	C. Negro	PS/XRF
A-210	R. Negro	PS
A-211	R. Negro	PS
A-214	R. Negro	PS
A-215	R. Negro	PS/XRF
A-216	R. Negro	PS/XRF
A-217	R. Negro	PS
A-218	R. Negro	PS
A-219	R. Negro	PS
A-220	R. Negro	PS
A-221	R. Negro	PS
A-222	R. Shiro	PS
A-222 (3-4)		
A-223	R. Shiro	PS
A-224	Q. Esmeraldas	PS
A-224	Q. Esmeraldas	PS
A-225	R. Martirio	PS
A-226	R. Collay	PS
A-226V	R. Yacura?	PS
A-227 (1-4)	R. Arenilalas	PS
A-227V	R. Blanco?	PS

No. de la muestra	Ubicación	Tipo de estudio
A-228	R. Jíbaro	PS/XRF
A-229	R. Arenillas	PS
A-229V	R. Jíbaro	PS
A-230	R. Pilares	PS/XRF
A-230V	V. hermoso	PS
A-231	R. Pilares	PS
A-231V	La Canela	PS
A-232	R. Pilares	PS
A-232V	R. Panguri	PS
A-233V	R. Pilares	PS/XRF
A-234V	R. Panguri	PS
A-235V	R. Collay	PS/XRF
A-236	R. Gualaceo (afluente)	PS
A-236V	R. Panguri	PS
A-237V	R. Panguri	PS
A-238V	La Canela	PS/XRF
A-239V	R. Panguri	PS/XRF
A-240V	R. Panguri	PS/XRF
A-241V	Q. Palmales	PS
A-242	Q. Flor Amarilla	PS/XRF
A-243	Q. San Francisco (ramal)	PS/XRF
A-244	R. Numbala	PS/XRF
A-245	R. Numbala	PS
A-246(1)	Q. El Oso	PS/XRF
A-246(2)	Q. El Oso	PS/XRF
A-247	R. Numbala	PS/XRF
A-248	R. Numbala (afluente)	PS/XRF
A-249	R. Cuyes	PS/XRF
A-250(1)	Q. Yerbabuena	PS
A-250(2)	Q. Yerbabuena	PS/XRF
A-251	R. Cuyes	PS
A-252	R. Cuyes	PS
A-253	R. Cuyes	PS
FV-142	R. Isimanchi	PS
FV-143	R. Isimanchi	PS/XRF
FV-144	R. Isimanchi	PS/XRF
FV-145	R. Isimanchi	PS/XRF
FV-146	R. Isimanchi	PS/XRF
FV-147	R. Isimanchi	PS
FV-148	R. Isimanchi	PS
FV-149	R. Isimanchi	PS
FV-150	Q. La Colmena	PS/XRF
FV-151	Q. La Colmena	PS/XRF
FV-152	Q. La Colmena	PS
FV-153	Q. La Colmena	PS
FV-154	R. Vergel	PS/XRF
A-169	R. Negro	PS
A-165	R. Negro	PS/XRF
A-166	R. Negro	PS
A-167	R. de la Plata	PS
A-170	R. Negro	PS/XRF
A-171	R. Ingenio	PS/XRF
A-172	R. Plateado	PS
A-254	R. Tambo Blanco	PS
A-255	R. La Merced	PS/XRF

No. de la muestra	Ubicación	Tipo de estudio
A-256	R. Verde	PS/XRF
A-257	R. Verde (afluente)	PS/XRF
A-262	R. Quimi	PS/XRF
MC-125	R. Blanco (Patate)	PS/XRF
MC-127	Q. Juan Ibarra	
MC-128	Q. Mueses	
MC-129	Monte Olivo	PS/XRF
MC-130	R. San Miguel (tributario)	PS
MC-131	R. San Miguel	PS/XRF
MC-132	R. San Jorge	PS
MC-133	R. San Jorge	PS/XRF
MC-134	R. Condué	PS/XRF
MC-135	R. San Jorge	PS
MC-136		PS/XRF
AP-180	R. Salado Chico	PS/XRF
A-268	R. Tutupali	PS/XRF
A-188	R. Collanes	PS
A-182	R. Consuelo	PS
AP-187	R. Palora	PS/XRF
AP-185	R. Palora	PS/XRF
AP-173	R. Galgalán	PS/XRF
AP-178	R. Playas	PS/XRF
AP-183	R. Colimbo	PS/XRF
A-186	R. Palora	PS/XRF
AP-190	R. Venado	PS/XRF
A-276	Q. Piuntza	PS/XRF
A-267	R. Yacuchicangari	PS/XRF
A-263	R. Cambana	PS
AP-179	R. Salado Grande	PS/XRF
AP-175	R. Ashillán	PS
A-265	R. Tutupali	PS/XRF
A-266	R. Tutupali	PS
AP-189	R. Encantado	PS/XRF
AP-181	R. Alshi	PS
A-272	R. Espadillas	PS
A-270	R. Ortega	PS/XRF
AP-184	R. Alao	PS
AP-176	R. Upano	PS
AP-177	R. Purshi	PS
AP-174	Q. Quishal	PS/XRF
A-269	R. Ortega	PS/XRF
A-275	Q. El Guando Chico	PS/XRF
A-279(1)	R. Chicaña	PS
A-279(2)	R. Chicaña	PS/XRF
A-273	R. Campana Urcu	PS/XRF
A-278	R. Cantzama	PS
A-271	R. Campana Urcu	PS/XRF
A-264	R. Tutupali	PS/XRF
A-274	Q. El Guando Grande	PS/XRF
A-280	R. Chicaña	PS/XRF
A-277	R. Salado	PS
RB-193	R. Cunguentza	PS
RB-194	R. Ojal	PS
RB-195	R. Tutanangoza	PS/XRF

XRF = fluorescencia de rayos X   PS = mineral semicuantitativo

RB/fac. 90.04

